



# **Redefinição do *Layout* de uma Unidade de Galvanização**

*Miguel Troina Albuquerque Barreto*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2015-06-23

*Á minha família*

## Resumo

O projeto descrito neste relatório realizou-se na Unidade de Galvanização da empresa Metalgalva – Irmãos Silvas, S.A., situada em Maganha, Trofa, tendo como objetivo uma redefinição do *layout* do processo de galvanização para que seja obtida uma melhoria de movimentação de material ao longo do seu fluxo fabril.

A análise da movimentação de material engloba tanto o transporte desde os parques para a fábrica como da fábrica para os parques e a forma como este se desloca no interior da fábrica.

Depois de definido todo o processo, tempos de transporte e deslocação de material nas duas fases referidas, analisou-se a margem de tempo de inutilização das tinas de decapagem e do forno de galvanização de material. Tanto as tinas como o forno apresentam desperdícios de inutilização passíveis de serem aproveitados para aumento de produção, consequência dos ganhos temporais provenientes da facilitação de movimentação de material.

A análise ao processo e abordagem de melhoria tiveram como fundamento pensamentos característicos das filosofias e metodologias *Kaizen*, *Lean* e *OSCM*.

Tendo em pensamento estes tópicos, foram criadas hipóteses de alterações estruturais na fábrica e organizacionais em termos de fluxo de trabalho, com o objetivo de ser atingida a melhoria de tempos esperada e consequente aumento de produção, representada pela quantidade de material galvanizado, em toneladas.

Foram propostas duas alternativas de redefinição do *layout* atual, ambas com ganhos em termos de aumento de produção. Para essas propostas, elaborou-se uma análise económica do projeto para que a sua viabilidade fosse discutida, tendo como base noções de estudo de viabilidade de projetos e critérios de decisão. Esta análise engloba os custos orçamentados das alterações criadas (investimento) e a faturação extra proveniente do aumento de produção perspectivado.

## Layout redefinition in a Galvanizing Unit

### Abstract

This project took place at the galvanizing unit of the company Metalogalva – Irmãos Silvas S.A., located in Maganha, Trofa, aiming at a redefinition of the galvanizing process layout so that an improvement of material handling can be achieved, throughout its manufacturing flow. The material handling analysis encompasses both transport from parks to the factory and from the factory to parks and how it moves within the factory.

After setting the process, transport time and material displacement in the two stages referred to above, the not tapped time margin of pickling tanks and material galvanizing furnace was analyzed. Both tanks and the furnace feature of wastes can be leveraged to increase production, as a result of temporal gains from the facilitation of material handling.

The process analysis and improvement approach were founded on characteristic thoughts of Kaizen, Lean and OSCM philosophies and methodologies.

Bearing in mind these topics, hypothetical structural changes were created in the factory and in terms of organizational workflows, so that an improvement in expected times could be achieved as well as a consequent increase in production, translated in the amount of galvanized material, in tons.

Two alternatives were proposed to redefine the current layout, both with gains in production increase. For these proposals, an economic analysis of the project was drafted up so that their viability could be discussed, based on notions of projects feasibility study and decision criteria. This analysis includes the budgeted costs of the changes created (investment) and extra billing from the anticipated increase of production.

## Agradecimentos

Ao meu orientador na Metalgalva, Eng.º Mário Ferreira, pela oportunidade proporcionada, pelo apoio e disponibilidade constantes no acompanhamento do projeto.

Á Eng.<sup>a</sup> Sara Pimenta pela sua contribuição na minha integração na empresa, esclarecimentos e apoio ao longo do projeto.

Aos demais colaboradores na Metalgalva que, profissional e pessoalmente contribuíram para o meu trabalho e boa relação na empresa.

Ao meu orientador da FEUP, Eng.º Eduardo Gil da Costa, pela ajuda, disponibilidade e orientação ao longo da redação da dissertação.

Á minha família e amigos pelo interesse demonstrado ao longo de todo o meu percurso académico, especialmente durante este projeto.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Apresentação do grupo Metalcon .....	1
1.2	Metalgalva – Irmãos Silvas, S.A.....	2
1.3	Apresentação do projeto na Metalgalva – Irmãos Silvas, S.A.....	5
1.4	Método seguido no projeto.....	6
1.5	Estrutura da dissertação .....	6
2	Enquadramento Teórico.....	7
2.1	Análise de Processos.....	7
2.1.1	<i>Operations and supply chain management</i> (OSCM) .....	7
2.1.2	Filosofia <i>Lean</i> .....	8
2.1.3	<i>Kaizen</i> .....	9
2.2	Análise de Projetos de Investimento .....	11
2.2.1	Visão global da análise de projetos.....	11
2.2.2	Estudos de viabilidade .....	12
2.2.3	Critérios de decisão.....	13
3	Situação atual – <i>Layout</i> Atual .....	19
3.1	Galvanização .....	19
3.2	<i>Layout</i> e processo.....	23
3.3	Parques de material e percurso de empilhadores.....	25
3.4	Distâncias percorridas por empilhadores .....	26
3.5	Alocação de recursos humanos .....	30
3.6	Produção e tempos .....	31
3.7	Custos e faturação .....	32
4	Propostas de alteração: <i>Layout</i> 1 e <i>Layout</i> 2 .....	33
4.1	Apresentação das alterações estruturais na fábrica .....	33
4.2	Proposta de solução 1 – <i>Layout</i> 1 .....	37
4.2.1	<i>Layout</i> e processo .....	37
4.2.2	Parques de material e percurso de empilhadores .....	38
4.2.3	Distâncias percorridas por empilhadores .....	38
4.3	Proposta de solução 2 – <i>Layout</i> 2.....	39
4.3.1	<i>Layout</i> e processo .....	39
4.3.2	Parques de material e percurso de empilhadores .....	40
4.3.3	Distâncias percorridas por empilhadores .....	41
4.4	Análise do possível aumento de produção para o <i>Layout</i> 1 e <i>Layout</i> 2 .....	42
4.4.1	Campo de análise: Alimentação de material .....	43
4.4.2	Campo de análise: Decapagem e Forno.....	46
4.4.3	Campo de análise: Movimentação de <i>jigs</i> pelas pontes rolantes.....	47
4.4.4	Aumento de produção possível reunindo todos os campos de análise.....	48
4.5	Análise económica das propostas.....	49
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	50
	Referências .....	51
	Anexo 1 – Planta Metalgalva 1 (identificação de parques) .....	52
	Anexo 2 – Parques de Material ( <i>layout</i> atual $\equiv$ <i>layout</i> 1) .....	53
	Anexo 3 – Parques de Material ( <i>layout</i> 2) .....	56
	Anexo 4 – Estruturas e equipamentos na fábrica .....	58
	Anexo 5 – Zonas do processo global de galvanização.....	61
	Anexo 6 – Fluxograma do processo de galvanização .....	64
	Anexo 7 – Análise económica das propostas .....	65
	Anexo 8 – Orçamento de obras das alterações 3 e 4.....	66

## Índice de Figuras

Figura 1 - Grupo Metalcon, in <a href="http://www.metalcon.pt/pt/">http://www.metalcon.pt/pt/</a> , 2015-04-12, 11:16 .....	1
Figura 2 - Empresas do Grupo Metalcon no setor da metalomecânica, in <a href="http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-metalomecanica/">http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-metalomecanica/</a> , 2015-04-12, 11:44 .....	2
Figura 3 - Empresas do Grupo Metalcon no setor da alimentação, in <a href="http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-alimentar/">http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-alimentar/</a> , 2015-04-12, 11:50.....	2
Figura 4 - Entrada da Metalogalva - Irmãos Silvas, S.A., in <i>Apresentação da empresa</i> , 2014 .....	3
Figura 5 - Layout Metalogalva .....	4
Figura 6 - Produtos Metalogalva, in <i>Apresentação da empresa</i> , 2014 .....	4
Figura 7 - Produtos Metalogalva, in <i>Apresentação da empresa</i> , 2014 .....	5
Figura 8 - Etapas do processo de galvanização e zonas de intervenção do projeto .....	5
Figura 9 - Sistema <i>pull</i> de produção <i>lean</i> , in <i>Jacobs &amp; Chase. Operations and Supply Chain Management. 2011</i> .....	8
Figura 10 - Diagrama de fluxos de decisões de investimento e financiamento das empresas, in <i>Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento. 2012.</i> .....	12
Figura 11 - Sensibilidade do VAL ao custo de capital, in <i>Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento, 2012.</i> .....	15
Figura 12 - Microestrutura de revestimento galvanizado, in <a href="http://archive.galvanizeit.org/sd-seminar/what-is-hot-dip-galvanizing">http://archive.galvanizeit.org/sd-seminar/what-is-hot-dip-galvanizing</a> , 2015-05-07, 10:22.....	22
Figura 13 – Layout atual da fábrica de galvanização (entrada e saída de material).....	23
Figura 14 – Layout atual da fábrica de galvanização (portões).....	24
Figura 15 - Ampliação de parte do layout atual da fábrica de galvanização (dificuldade de movimentação de material) .....	24
Figura 16 – Layout atual da fábrica de galvanização (percurso dos <i>jigs</i> ) .....	25
Figura 21 - Ampliação de parte do layout da Metalogalva 1 (exemplo de medição de distância).....	27
Figura 22 - Turnos de trabalho na Unidade de Galvanização .....	30
Figura 23 - Elementos por turno e por secção .....	30
Figura 24 - Produção da Unidade de Galvanização em 2013, em <i>jigs/h</i> na amarração e no forno, in <i>Registos Metalogalva - Produção Galvanização, 2013</i> .....	31
Figura 25 - Alteração 1 (criação de novo portão no pavilhão 3 e recolocação do filtro de mangas).....	33
Figura 26 - Alteração 2 (remoção de pilar na zona de passagem de empilhadores, entre pavilhões 2 e 3).....	34
Figura 27 - Alteração 3 (Aumento do pavilhão 1 e extensão dos trilhos do transfere).....	34
Figura 28 - Passagem de camiões na alteração 3 (Aumento do pavilhão 1) .....	35
Figura 29 - Dimensões <i>standard</i> de camiões de carga entre 15.000 a 26.000 Kg, in <a href="http://www.torrestir.pt/gca/?id=72">http://www.torrestir.pt/gca/?id=72</a> , 2015-06-11, 15:06 .....	35
Figura 30 - Alteração 4 (Elevação do pé direito do pavilhão 1).....	36
Figura 31 – Ilustração do problema suscitador da alteração 4 e sua solução .....	36



Figura 32 - Layout 1 da fábrica de galvanização (percurso dos <i>jigs</i> ).....	37
Figura 33 – <i>Layout</i> 1 da fábrica de galvanização (entrada e saída de material).....	38
Figura 34 - <i>Layout</i> 2 da fábrica de galvanização (entrada e saída de material) .....	39
Figura 35 - <i>Layout</i> 2 da fábrica de galvanização (percurso dos <i>jigs</i> ).....	40
Figura 36 - Tempos de uma viagem de empilhador para alimentação de material, nos vários <i>layouts</i> .....	43
Figura 37 – Cálculo do tempo de percurso médio ponderado de uma viagem de empilhador para alimentação de material. ....	43

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Exemplo de cálculo do VAL para análise de viabilidade económica, <i>in Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento, 2012.</i> .....	18
Tabela 2 - Áreas dos parques de material na Metalgalva 1 .....	27
Tabela 3 - Distribuição dos tipos de material pelos parques ( <i>layout</i> atual).....	28
Tabela 4 - Distâncias médias ponderadas percorridas pelos empilhadores, por viagem ( <i>layout</i> atual) .....	29
Tabela 5 - <i>Jigs</i> trabalhados na zona de amarração e forno de galvanização, em 2015 .....	29
Tabela 6 - Faturação da Unidade de Galvanização, <i>in Registos Metalgalva - Faturação Galvanização, 2013</i> .....	32
Tabela 7 - Distribuição dos tipos de material pelos parques ( <i>layout</i> 2) .....	41
Tabela 8 - Distâncias médias ponderadas percorridas pelos empilhadores, por viagem ( <i>layout</i> 2).....	42
Tabela 9 - Exemplo de medição de cadência de alimentação por empilhador.....	44
Tabela 11 - Número médio de viagens de alimentação por empilhador nas zonas de amarração .....	44
Tabela 11 - Tempos médios por turno de trabalho .....	46
Tabela 12 - Exemplo de medição tempos de <i>jigs</i> no forno de galvanização.....	47
Tabela 13 - Aumento de produção perspectivado para proposta 1 e proposta 2.....	48

## 1 Introdução

A indústria metalomecânica incorpora todos os segmentos responsáveis pela transformação de metais nos produtos desejados, desde a produção de bens até serviços intermediários, incluindo máquinas, equipamentos, veículos e materiais de transporte.

No sentido de obterem uma produção de qualidade com o mínimo de custos possível, as empresas nacionais e internacionais deste setor têm toda a vantagem em adotar metodologias *lean* e processos que se incorporem numa cadeia de abastecimento otimizada, que apresentem melhorias contínuas. É prioritário que, sem comprometer a qualidade dos produtos finais, se consiga reduzir custos de processo, tangíveis ou não, tais como tempos de movimentação, tempos de espera, defeitos, desperdícios de matéria-prima, transporte, custos de processamento e de qualidade. Desta forma, as empresas conseguirão obter melhorias na sua produtividade e eficiência, mantendo-se competitivas e um passo à frente da sua concorrência.

Foi neste contexto que se desenvolveu esta tese, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, que analisa a forma como a melhoria de movimentação de material pode melhorar um processo produtivo, tendo consequências práticas na quantidade de produção da empresa. Esta facilitação engloba uma revisão de percursos de empilhadores que efetuam o transporte entre os parques de material e as linhas (físicas ou não) de produção, bem como alterações de *layout* que otimizam a forma como o material se movimenta na fábrica.

Este estudo analisa o processo de galvanização da Metalgalva, e quantifica-se como produção a quantidade de material a preto (antes de galvanizar) que é galvanizado.

### 1.1 Apresentação do grupo Metalcon

O Grupo Metalcon foi constituído a 30 de Dezembro de 2000 quando surgiu a necessidade de agrupar numa *holding* a maioria das empresas pertencentes à família Irmãos Silvas.



Figura 1 - Grupo Metalcon, in <http://www.metalcon.pt/pt/>, 2015-04-12, 11:16

Face ao crescimento da estrutura organizacional, e aos novos desafios tecnológicos e comerciais, assiste-se a uma crescente profissionalização do grupo, sendo que, atualmente, todos os setores e áreas de negócio são liderados e geridos por técnicos altamente qualificados.

O Grupo Metalcon é formado por um conjunto de empresas que atuam em diversos setores de atividade em Portugal e no estrangeiro, percorrendo um espetro setorial desde a indústria metalomecânica e galvanização de estruturas metálicas, à distribuição e venda de produtos alimentares congelados.

Na área metalomecânica o Grupo Metalcon desenvolve a sua atividade no projeto, fabrico e galvanização de estruturas metálicas. Fazem parte desta área de atividade as empresas: Metalogalva, Galvaza, Silvafer, Metalux e Batimetal Galva.



Figura 2 - Empresas do Grupo Metalcon no setor da metalomecânica, in <http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-metalomecanica/>, 2015-04-12, 11:44

Na área alimentar, o Grupo agrega um conjunto de empresas na área do retalho alimentar e distribuição moderna oferecendo uma variada gama de produtos de qualidade aos seus clientes. Fazem parte desta área de atividade as empresas: Brasmar, Grupomar e Marnobre.



Figura 3 - Empresas do Grupo Metalcon no setor da alimentação, in <http://www.metalcon.pt/pt/areas-de-negocio/area-alimentar/>, 2015-04-12, 11:50

A missão do Grupo Metalcon fundamenta-se na investigação, desenvolvimento e inovação dos seus produtos de modo a que estes se afirmem como uma mais-valia para o cliente, cumprindo as regras do crescimento sustentável.

## 1.2 Metalogalva - Irmãos Silvas, S.A.

A Metalogalva – Irmãos Silvas, S.A., localizada em Maganha - Santiago de Bougado, na Trofa, é uma empresa privada do sector da Engenharia mecânica e industrial, fundada em 1971, sendo a empresa mais antiga do grupo Metalcon. Comporta três unidades industriais que ocupam uma área total 44.000 m<sup>2</sup> (área bruta total de 160.000 m<sup>2</sup>), tendo ao serviço mais de 500 colaboradores. Na Figura 4 mostra-se a entrada da empresa.



Figura 4 - Entrada da Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A., in *Apresentação da empresa*, 2014

A empresa desenvolve a sua atividade no projeto e fabrico de estruturas metálicas, tendo capacidade de efetuar ensaio de protótipos, ao nível de montagem e/ou resistência estrutural. Os produtos desenvolvidos têm aplicação em vários domínios de atividade, nomeadamente, energias renováveis, telecomunicações, vias rodoviárias e ferroviárias, sendo normalmente submetidos a uma proteção anticorrosiva de galvanização por imersão a quente, com possibilidade de pintura complementar (sistema duplex).

Como complemento à sua oferta de produtos, a empresa disponibiliza um conjunto de serviços, designadamente, corte de chapa, quinagem, soldadura e galvanização por imersão a quente.

A Metalgalva é composta por três fábricas separadas, identificadas na Figura 5:

- Metalgalva 1 – Unidade de Galvanização, Pintura e Expedição
- Metalgalva 2 – Unidade de Produção
- Metalgalva 3 – Unidade de Produção

A Metalgalva 3 localiza-se sensivelmente a 1 km de distância do resto das unidades.



Figura 5 - Layout Metalgalva

O desenvolvimento e inovação dos seus produtos de qualidade traduziu-se em confiança e reconhecimento nos múltiplos projetos e instalações localizados em diversos países a nível global.

As Figuras 6 e 7 mostram exemplos de produtos Metalgalva:



Figura 6 - Produtos Metalgalva, *in Apresentação da empresa, 2014*





Figura 7 - Produtos Metalgalva, in *Apresentação da empresa, 2014*

Os produtos da Metalgalva abrangem áreas como energia e renováveis, iluminação exterior, postes e mastros em telecomunicações, equipamentos rodoviários e ferroviários.

### 1.3 Apresentação do projeto na Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A.

A Metalgalva é constituída, como referido na secção 1.2, por três unidades fabris. Este projeto enquadra-se na Unidade de Galvanização, situada na Metalgalva 1, e surgiu da motivação da empresa em reduzir desperdícios e melhorar continuamente. O material, seja produzido na Metalgalva 2 ou 3, ou proveniente de clientes externos, chega à Metalgalva 1 transportado por camiões e é colocado nos parques destinados a material a preto (material não galvanizado). Dá-se a partir daí início ao processo de Galvanização.

O processo de Galvanização na Metalgalva passa por 6 etapas, mostradas na Figura 8:

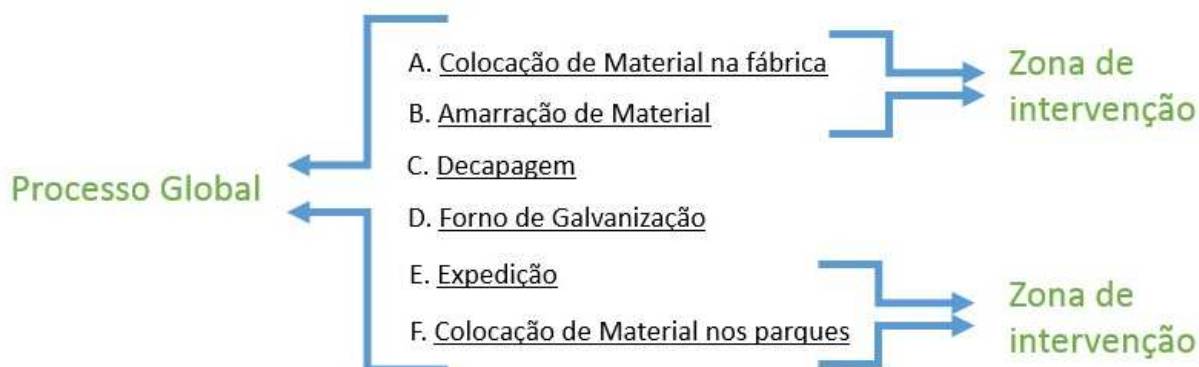


Figura 8 - Etapas do processo de galvanização e zonas de intervenção do projeto

O projeto incide sobre os pontos A, B, E e F, colocação de material na fábrica, amarração de material, expedição e colocação de material nos parques, respetivamente. Pretende-se facilitar a movimentação de material, tanto na alimentação como na expedição, reduzindo desperdícios que se refletem em custos, possibilitando um aumento de produção.

Os pontos C e D, decapagem e forno de galvanização, respetivamente, representam fisicamente fornos com material no estado líquido a elevada temperatura, e por esse motivo não são suscetíveis de alteração. Pretende-se otimizar estes dois pontos no sentido de um aumento de quantidade de material que por lá passe, como consequência da facilitação de movimentação de material nas restantes zonas.

Este estudo tem como objetivo avaliar, redefinir e melhorar o fluxo produtivo da unidade de Galvanização. Esta avaliação deve englobar um estudo de tempos, mapeamento do fluxo de produto e fluxo de informação, identificando os principais desperdícios e desvantagens no processo atual. A ação de melhoria deve corrigir esses desperdícios eliminando as desvantagens verificadas e otimizar o fluxo produtivo através de uma reestruturação de *layout*. Por fim, um estudo económico deverá comprovar a viabilidade deste projeto.

#### 1.4 Método seguido no projeto

Este projeto teve a duração de quatro meses, com início a 2015-02-23 e término a 2015-06-23. Inicialmente foi providenciada uma visita às instalações da Metalogalva e uma formação no âmbito de higiene e segurança, para conhecimento das normas e equipamento de segurança a utilizar na fábrica de Galvanização.

A sequência de etapas adotadas teve em vista, numa primeira fase, a adaptação e conhecimento do processo atual na unidade de galvanização. Esta fase foi essencialmente de observação das rotinas de movimentação de material por parte dos empilhadores, métodos de trabalho no interior da fábrica, esquematização do *layout* para definição do processo completo e criação de um trabalho padrão.

Numa segunda fase foram identificados os desperdícios existentes afetos às etapas A, B, E, F do processo global, referido na secção 1.3, suscetíveis de intervenção.

A etapa seguinte consistiu na definição de procedimentos e criação de soluções que permitissem resolver ou minimizar as perdas verificadas no processo.

Por fim, implementaram-se em termos de estudo as alterações propostas e avaliou-se a viabilidade do projeto com uma análise de viabilidade económica.

#### 1.5 Estrutura da dissertação

Depois de realizada uma introdução da empresa e do projeto no primeiro capítulo, faz-se no segundo capítulo um enquadramento teórico das noções necessárias para este projeto, nomeadamente filosofia *lean*, cadeias de abastecimento, conceito de *Kaizen*, e análise de projetos de investimento.

No terceiro capítulo descreve-se detalhadamente a situação atual do processo de Galvanização, identificando-se parte dos problemas detetados. O quarto capítulo apresenta duas soluções alternativas que refletem um aumento de disponibilidade de material e a sua vantagem sobre a situação atual, com referência aos restantes problemas detetados atualmente e sua resolução. Termina-se com uma análise de viabilidade económica em ambos os casos. Por fim, no quinto capítulo, mostram-se as conclusões retiradas após realizar este estudo e apresenta-se propostas de trabalhos futuros.



## 2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo é feita a exposição teórica de conceitos essenciais abordados ao longo do projeto e está dividido em duas partes: Análise de Processos e Análise de Projetos de Investimento.

A Análise de Processos aborda temas como *Kaizen*, *Operations and Supply Chain Management*, filosofia *Lean*, pensamentos chave para que um processo ocorra de forma eficiente, com o mínimo de desperdícios.

### 2.1 Análise de Processos

#### 2.1.1 *Operations and supply chain management (OSCM)*

OSCM é definido como o *design*, operação e melhoria dos sistemas que produzem e entregam os produtos e serviços de uma empresa. Tal como os departamentos de marketing ou finanças, a OSCM é um campo funcional de negócios com uma clara linha de responsabilidades de gestão. A produção de um produto envolve uma série complexa de transformação de processos. Estes processos podem ser convenientemente categorizados, particularmente sob a ótica do produtor e serviços: planeamento, terceiros, produção, entrega e retorno (Jacobs & Chase, 2011).

- Planeamento: consiste no processo necessário para operar uma cadeia de abastecimento estrategicamente. Uma empresa deve antecipar a procura dos seus produtos e conciliar com os recursos disponíveis. Um aspeto fulcral no planeamento é desenvolver métricas que permitam monitorizar a cadeia para que ela seja eficiente e se traduza em qualidade e valor para os clientes.
- Terceiros: envolve a seleção de fornecedores que irão entregar a matéria-prima e serviços necessários para que a empresa possa criar o seu produto. Deve-se procurar estabelecer um preço, recebimento e pagamento aos fornecedores com parâmetros de monitorização e objetivo de melhoria das relações entre ambos. Este processo inclui recebimento de remessas, sua verificação, transferência para as instalações de produção, e autorização de pagamento aos fornecedores.
- Entrega: também referida como processo logístico. Faz-se o transporte dos produtos para armazéns ou para os clientes, coordenando e agendando esse movimento de mercadoria e informação pela rede da cadeia. As encomendas devem ser recebidas e geridas pelo sistema de informação, e deve existir um sistema de faturação para cobrar os pagamentos aos clientes.
- Retorno: envolve um processo de recebimento de produtos gastos, defeituosos, em excesso, provenientes dos clientes, e apoio a esses clientes que tenham problemas com produtos devolvidos. No que toca a serviços, isto pode envolver todos os tipos de atividades posteriores requeridas num apoio pós-venda.

### 2.1.2 Filosofia *Lean*

#### Lógica da filosofia *lean*:

A filosofia *lean* representa um conjunto de atividades integradas desenhadas para atingir a produção usando o mínimo inventário de matéria-prima, trabalho no processo, e produtos acabados. O material chega ao posto seguinte no tempo correto (*just-in-time*) e é trabalhado e movimentado pelo processo mais rápido possível. A filosofia *lean* também se baseia na crença de que nada é produzido até que seja necessário, ou seja, a produção é definida pela procura real do produto.

Quando um item é vendido, em teoria, o mercado puxa um substituto para a última posição no sistema, ou seja, o produto final. Isto ativa uma ordem de produção na linha, na qual um trabalhador retira uma unidade da estação anterior para substituir a que foi retirada. Desencadeia-se uma sequência de procedimentos idênticos nos quais os trabalhadores substituem unidades retirando da estação anterior, até que se chega ao abastecimento de matéria-prima proveniente dos fornecedores (Jacobs & Chase, 2011). Na Figura 9 esquematiza-se um sistema *pull*, segundo a filosofia *lean*.

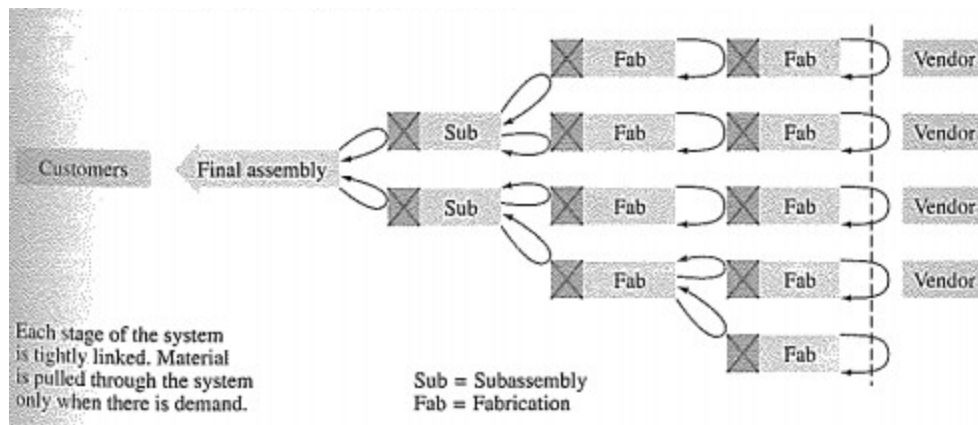


Figura 9 - Sistema *pull* de produção *lean*, in Jacobs & Chase. *Operations and Supply Chain Management*. 2011

Para que um processo *pull* funcione suavemente, a produção *lean* requer níveis de qualidade elevados em todas as etapas do processo, fortes relações comerciais, e uma boa previsão de procura de produto final.

#### Produção *Lean*

No contexto das cadeias de abastecimento, a produção *lean* refere-se como o foco na máxima eliminação de desperdícios possível: movimentos desnecessários, etapas de processamento desnecessárias, e inventário em excesso são alvos de melhoria ao longo de um processo de aprendizagem. No limite, uma cadeia que tenha os seus processos perfeitamente otimizados representa uma cadeia de valor (*value chain*). Esta cadeia foi alvo de identificação de todos os seus passos que providenciam produtos ou serviços aos seus clientes, realçados os passos que acrescentam valor, e eliminados aqueles que não acrescentam valor.

A base do pensamento *lean* surgiu do conceito de produção *just-in-time* (JIT), criado no Japão, pela Toyota Motors. Tai-ichi Ohno, criador do sistema de produção da Toyota, usou o conceito JIT para colocar os automóveis desta marca na linha da frente em termos de prazos de entrega e qualidade.

O objetivo de uma empresa de produção deve sempre estar relacionado com o valor para o cliente, pois é esse cliente que vai remunerar a empresa e permitir que esta tenha faturação. Atividades de valor acrescentado transformam materiais e informação em algo que o cliente deseja. Atividades sem valor acrescentado consomem recursos e não contribuem diretamente

para o resultado final que o cliente deseja. Desperdício é assim definido como algo que não acrescenta valor na ótica do cliente, e exemplos disso são: produtos defeituosos, produção excessiva, inventário, movimentos excessivos, etapas de produção, transporte e esperas.

Para compreender a filosofia de produção *lean* deve-se compreender a diferença entre ganhos e desperdícios e entre processos que acrescentam ou não valor. Muitas vezes o tempo de valor não acrescentado excede largamente o tempo de valor acrescentado e, neste caso, a ação de melhoria deve procurar reduzir os tempos que estão a causar perdas, pois isso trará um benefício superior ao que se obterá se se otimizar e reduzir o tempo da ação de valor acrescentado. Apesar de por vezes não ser imediato discernir a melhor abordagem a um processo, a melhor maneira é analisar os componentes ou etapas individualmente e aplicar o pensamento *lean* a cada um deles, conectando todo o processo posteriormente e reduzindo assim desperdícios.

### 2.1.3 *Kaizen*

A palavra *Kaizen* significa “mudança para melhor”, e é um conceito que tem vindo a ser cada vez mais implantado pelas empresas a nível mundial. *Kaizen* também representa o conceito de melhoria contínua. Segundo Masaaki Imai, fundador e presidente do *Kaizen Institute*, esta melhoria deve acontecer todos os dias, em todas as zonas de trabalho, por todos os trabalhadores. Este pensamento deve-se tornar num estilo de vida por parte das empresas modernas, para que a mudança para melhor se torne um hábito diário de melhoria contínua (Coimbra, 2009).

Nos tópicos seguintes abordam-se os temas abastecimento, eliminação de desperdícios, e orientação para o *gemba*, que se enquadram nas filosofias *Kaizen* e no âmbito do presente projeto.

### Abastecimento tradicional e Abastecimento otimizado

A forma tradicional de organização da logística interna de uma empresa é, normalmente, baseada numa otimização que beneficie o departamento logístico, sem muita preocupação pelas necessidades da produção em termos de eficiência. O departamento da produção tende a fazer as suas próprias melhorias, limitadas pelos processos logísticos, sem nunca explorar a máxima capacidade do fluxo produtivo. O resultado é, naturalmente, a existência de desperdícios, muito dos quais ambíguos aos dois departamentos.

Os princípios que a organização logística tradicional segue são os seguintes:

- Minimizar o número de transportes internos, resultando no abastecimento das linhas de produção em grande quantidade por cada transporte;
- Minimizar a área de armazenamento de chegada de material, o que implica armazenamento em altura;
- Utilização de empilhadores de grande dimensão próprios para carregamentos pesados, em material que não o justifica;
- Minimizar as ações de reembalagem e desembalagem passando-as para as linhas de produção;
- Planeamento exagerado da produção para minimizar tempos de transição e aumentar produtividade.

Estes princípios, embora comumente utilizados, não refletem a abordagem que se deve tomar aquando do planeamento logístico. Os princípios de uma organização logística otimizada são:

- Abastecimento de material na quantidade certa que permita a máxima eficiência e flexibilidade nas linhas de produção;
- Organização das áreas de *picking* (parques de material) de modo a abastecer as linhas na quantidade ideal, frequente e eficientemente;
- Uso do transporte adequado para o abastecimento de material em rotas padronizadas com um tempo de ciclo constante;
- Trabalhar com fornecedores e clientes com a mesma dimensão de contentores. Se necessário, fazer a desembalagem e reembalagem para fornecer a produção com o material certo, no local e quantidade corretos, com a apresentação certa;
- Planeamento das encomendas dos clientes e criação de condições que suavizem as encomendas aos fornecedores, através da sua prioridade.

Uma organização logística otimizada beneficia tanto o departamento logístico como o de produção, pois funciona como ponte entre ambos, integrando-os. A logística interna da empresa torna-se mais eficiente, com menos falhas organizacionais.

### **Eliminação de desperdícios**

A eliminação de desperdícios é o primeiro princípio que o *Kaizen* apresenta como fator de atuação para melhoria de um processo. Existem sete tipos de desperdícios que devem ser abordados para que a competitividade e excelência sejam atingidas:

- Defeitos (falhas de qualidade internas ou externas);
- Espera de pessoas;
- Movimentação de pessoas;
- Processamento exagerado;
- Espera de material;
- Movimentação de material;
- Produção exagerada.

Dado o projeto em questão se relacionar maioritariamente com tempos e movimentação de material, referem-se os seguintes tópicos:

Espera de material: também designado por inventário. Enquanto o material está parado nada está a acontecer pois esse material não está a ser transformado, e nenhum valor está a ser acrescentado. O inventário deve ser reduzido apenas ao suficiente para se poder produzir segundo uma filosofia *pull*.

Movimentação de material: também designado por transporte. Também neste caso não se acrescenta valor ao processo quando o material é sujeito a movimentações exageradas, escusadas. Um transporte de material pode ser otimizado na medida em que realiza um percurso menor, com menor número de viagens ou rearranjos de colocação de material numa determinada zona de destino.

A variabilidade no sentido de falta de estabilidade em fases do processo (avarias de máquinas, por exemplo), e dificuldades de execução no sentido de perdas de tempo e energia dos trabalhadores (posições não ergonómicas de trabalho, por exemplo), são claros desperdícios

latentes que devem ser detetados e solucionados, pois têm influência no processo global de produção (Coimbra, 2009).

### **Orientação para o *Gemba***

Orientação para o *gemba* significa ir ao local correto fazer uma ação de melhoria, ir ao ponto base, melhorando os hábitos de trabalho das pessoas. Isto pode ser feito de duas formas: uma mudança física e imediata de *layout* que force as pessoas a trabalhar de maneira diferente, ou uma mudança no modo de trabalho que envolva a aprendizagem das pessoas e as ensine a trabalhar segundo o novo padrão, até que se torne um hábito (Coimbra, 2009).

A orientação para o *gemba* representa a crença de que a realidade é mais estranha que a ficção, isto é, que o que realmente acontece no ponto fulcral (*gemba*) é diferente do que se pensa, do que acontece teoricamente. Assim, torna-se essencial que a seguinte abordagem seja tomada:

- Começar por analisar a base do processo e o local onde as coisas realmente acontecem;
- Observar meticulosamente a realidade do processo;
- Recolher dados *gembutsu* (factos reais, elementos dessa realidade como ferramentas, materiais e informação);
- Partir dessa base do processo e validar os dados observados.

A abordagem do *gemba* fundamenta: se deseja ver, aprenda a agir. Isto significa que, se realmente se quer compreender um processo e aplicar novas ideias sem equívocos, a melhor forma de o fazer é experimentar e fazê-lo por nós próprios. Um processo fica perfeitamente definido quando for analisado rigorosamente pela pessoa responsável pelo projeto de ações de melhoria, sem fundamentos em dados teóricos ou de outrem.

## **2.2 Análise de Projetos de Investimento**

A Análise de Projetos de Investimento avalia a forma como um projeto deve ser conduzido e quais as ferramentas que devem ser utilizadas para analisar economicamente a sua viabilidade.

### **2.2.1 Visão global da análise de projetos**

As principais tarefas da gestão financeira são normalmente identificadas em três tipos de decisões:

- Decisões de investimento de longo prazo – definir o orçamento de investimento da empresa;
- Decisões de financiamento de longo prazo – definir a estrutura de capital da empresa;
- Decisões de investimentos e financiamentos a curto prazo – gestão do capital circulante, corrente do dia-a-dia, por oposição à gestão estratégica, de longo prazo.

Uma análise de projetos de investimentos insere-se no primeiro ponto definido, e pretende identificar novas oportunidades de investimento e avaliá-las com vista à sua inserção no plano de investimentos da empresa (Lopes, 2012).

Qualquer investimento tem como objetivo obter um excedente monetário após correção do valor temporal e risco dos fluxos, mostrados na Figura 10. Investir significa transformar disponibilidades (meios financeiros líquidos) presentes em ativos de caráter não corrente (fluxo 1), tangíveis ou intangíveis, com o objetivo de obter disponibilidades superiores no futuro.

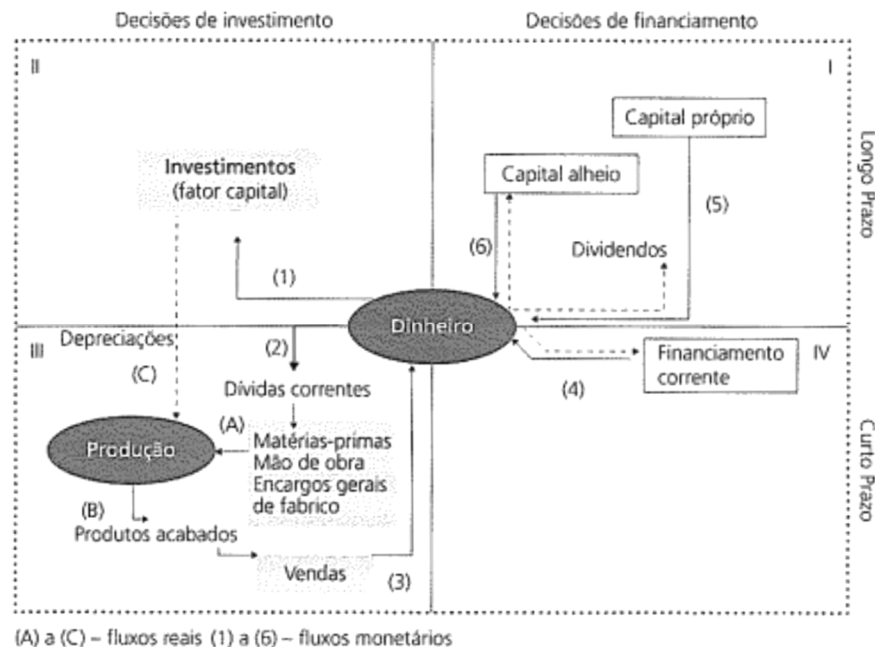


Figura 10 - Diagrama de fluxos de decisões de investimento e financiamento das empresas, in *Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento. 2012.*

Este processo tem uma duração nunca inferior a um ano, ao longo do qual acontece a transformação material ou económica de certos recursos noutros. Esquemáticamente, entram matérias-primas, equipamentos através das suas depreciações, etc., na esfera “Produção” e saem produtos acabados, que se repercutem em vendas.

A análise de projetos é de extrema importância pois trata a tomada de decisões de caráter estratégico que comprometem a empresa para um período relativamente longo. As decisões devem por isso ser rigorosamente fundamentadas.

Por outro lado, a empresa deve sempre que possível utilizar os seus fundos, restritos, nas melhores aplicações possíveis, para que não seja necessária a angariação de novos financiamentos e ocorra um eventual grau excessivo de endividamento.

### 2.2.2 Estudos de viabilidade

A análise do *background* do projeto constitui o primeiro passo e é essencial que seja feito o melhor possível com um estudo de viabilidade económica. Trata-se de clarificar o que se pretende fazer, qual o objetivo final e porquê. A definição do objetivo do projeto inclui a delimitação do seu âmbito, as suas fronteiras. O que estiver dentro das fronteiras pertence ao projeto e vice-versa. Para que não se desvie dos objetivos, deve-se o mais cedo possível estabelecer o que se pretende e o que não é relevante (Lopes, 2012). A clara, realista e correta definição dos objetivos no início de um projeto foi apontada como a causa do sucesso de 21% dos casos bem-sucedidos, e a sua incorreta definição como causa de 32% dos fracassos (International, 2000).

Numa análise deste tipo, surgem naturalmente mais do que uma alternativa para a resolução do problema em causa. Após terem sido equacionadas e avaliadas rigorosamente, deve-se eliminar as hipóteses menos atrativas por forma a concentrar recursos nas atividades promissoras. Daí que a análise detalhada só deve ir até ao ponto em que é possível escolher de entre as opções existentes, e apenas nessas trabalhar daí em diante.

A análise de projetos deve assim obedecer a um processo que abranja uma determinação de objetivos, escolha do método de combinação de recursos disponíveis para alcançar os objetivos, determinação de custos e benefícios associados à escolha, escolha de fontes de recursos e um estudo do enquadramento legal e administrativo (Marques, 1998).

### 2.2.3 Critérios de decisão

Os critérios de decisão constituem os elementos que devem ser utilizados na avaliação e seleção de projetos. Estes critérios devem ser baseados em *cash flows* descontados, isto é, no confronto do *cash flow* investido com o *cash flow* gerado pelas operações, tendo em conta o valor temporal do dinheiro. Estes métodos são conhecidos como DCF (*discounted cash flows*).

Existem dois tipos de critérios: com atualização e sem atualização. É pouco usual a adoção de critérios que ignorem o custo de capital, como a Taxa de Retorno Contabilística (TRC) e o Período de Recuperação (PR). Estes critérios contabilísticos não devem ser fundamento para a escolha de investimentos aquando da análise de um projeto, mas apenas utilizados por analogia com os indicadores de rentabilidade económica e financeira da empresa. Assim, os critérios de demais importância são aqueles baseados na atualização de fluxos, mais consentâneos com a teoria financeira, a saber: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Período de Recuperação com Atualização (PRA), Índice de Rentabilidade (IR), Critério de Anuidade (CA), e Valor Atualizado (EVA) (Lopes, 2012).

#### Critérios de decisão sem atualização

O Período de Recuperação avalia o tempo necessário para que o *cash flow* gerado pelo projeto cubra o *cash flow* nele investido. Exemplifica-se como um investimento inicial (1000) é recuperado durante o ano 4, ano em que o CF acumulado se torna positivo:

ano	cash flow	CF acumulado
0	-1000	-1000
1	200	-800
2	250	-550
3	300	-250
4	300	50
5	300	350
6	350	650

O PR é obtido pela equação:

$$PR = n^{\circ} \text{ (inteiro) de anos antes da recuperação total do investimento} + \frac{\text{custo do investimento restante}}{\text{CF do ano de recuperação total}} = 3 + \frac{250}{300} = 3,83 \text{ anos}$$

Este indicador ignora por completo o valor temporal do dinheiro. O seu interesse reside na utilização como indicador de liquidez de projeto (quanto mais curto o PR, mais líquido será o projeto), o facto de ser de fácil utilização e compreensão, mesmo para pessoal com pouca formação na área e o favorecer projetos que disponibilizam *cash flows* maiores a curto prazo.

A Taxa de Retorno Contabilística tem algumas variantes no que diz respeito ao seu cálculo, embora a forma mais comum relacione os resultados líquidos do projeto (*cash flow*) a partir do ano 1, com o Custo do Investimento (CI). Este valor resulta da média do capital investido no início e no fim do projeto, e é dado por  $CI/2$ , se existir depreciação integral dos investimentos durante a vida do projeto, ou por  $(CI+VR)/2$ , se existir valor residual. A equação fica:

$$TRC = \frac{\frac{\sum \text{cash flows}}{n}}{\frac{CI + VR}{2}} = \frac{\frac{200 + 250 + 300 + 300 + 300 + 350}{6}}{\frac{1000 + 0}{2}} = 0,56$$

Este valor pode ser entendido como a taxa de rentabilidade mínima exigida por uma empresa aos seus projetos, e tem interesse quando utilizado como um indicador de rentabilidade económica/financeira de negócios como um todo ou por áreas de atividade.

### **Critérios de decisão com atualização**

O objetivo da atualização é considerar o valor temporal do dinheiro, ou seja, avaliar se o projeto é preferível ao melhor uso alternativo do dinheiro, e entra em linha de conta com o desfasamento temporal dos fluxos. Não são, no entanto, considerados fatores de risco e assume-se que o *cash flow* futuro é conhecido e certo.

Os métodos utilizados neste tipo de análise são: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Período de Recuperação Atualizado (PRA) e o Índice de Rentabilidade (IR). Estes métodos assentam nos seguintes pressupostos:

- Os *cash flows* são independentes a projetos paralelos da empresa;
- Os mercados financeiros são estáveis, resultando numa taxa de desconto (custo de capital) constante;
- Validade e imutabilidade dos dados de base para os  $n$  anos de vida do projeto.

### **Valor Atual Líquido**

O VAL consiste na comparação do somatório do *cash flow* gerado pelo projeto, atualizados à taxa de custo de capital do projeto, com o *cash flow* despendido inicialmente (custo de investimento), e é calculado pela seguinte equação:

$$VAL = CF_o + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + r_c)^t}$$

Onde:

CF<sub>o</sub> – CF relativo ao custo de investimento inicial

CF<sub>t</sub> – CF líquido esperado no período  $t$



$n$  – nº de períodos que dura o investimento

$rc$  – taxa de atualização apropriada ao projeto

A taxa de atualização ( $rc$ ) poderá ser o custo de capital do projeto, se este tiver um nível de risco substancialmente diferente do da empresa, ou o custo de capital da empresa.

No exemplo em utilização, e aplicando um custo de capital de 10%, o VAL seria:

$$VAL = -1000 + 200 \cdot (1,1)^{-1} + 250 \cdot (1,1)^{-2} + \dots + 350 \cdot (1,1)^{-6} = 184,16$$

Este valor significa que se trata de um projeto aceitável: o investimento de (1000) é integralmente recuperado, remunerado à taxa exigida, ao longo dos 6 anos, sobrando ainda um montante de (184,16), referido ao ano zero, que acresce ao valor da empresa.

O VAL pode ser entendido como o valor do enriquecimento, capital em excesso, que a empresa obtém hoje, após repor e remunerar, ao custo de capital  $rc$ , o custo do investimento. Esse excesso será aproveitado inteiramente pelos sócios ou acionistas, dado a posição dos credores ser fixa. Se o VAL for nulo, significa que o projeto tem capacidade para cobrir o capital investido remunerando-o à taxa exigida, mas não criará valor para a empresa. Esta tornar-se-á maior, mas a posição dos sócios ou acionistas será a mesma. Este indicador permite ainda ter noção da margem para derrapagem no custo de investimento, sem pôr em causa a viabilidade do negócio (Barros, 1995).

A Figura 11 mostra a sensibilidade do VAL ao custo de capital, para dois projetos diferentes, A e B:

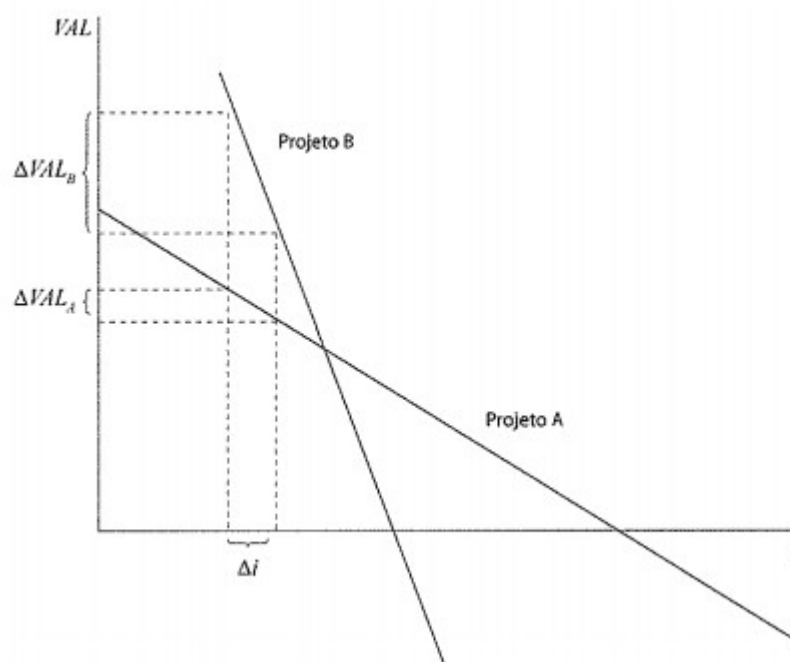


Figura 11 - Sensibilidade do VAL ao custo de capital, in *Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento, 2012.*

O gráfico é obtido colocando no eixo das ordenadas, ponto A, o *cash flow* global do projeto (taxa de desconto zero), e no eixo das abcissas, ponto B, a TIR do projeto. À direita da reta o VAL terá um perfil negativo e decrescente e à esquerda desta um perfil positivo e crescente. A inclinação da curva indica a maior ou menor sensibilidade: uma curva que se aproxime mais da posição horizontal, como a do projeto A, revela um VAL menos sensível a alterações no custo de capital que uma curva mais vertical, como a do projeto B. Isto justifica-se com o padrão dos *cash flows*: um projeto cujos *cash flows* ocorram mais cedo, serão menos sensíveis

em termos de VAL a alterações na taxa de atualização, e vice-versa. No caso de projetos do tipo B, com *cash flows* tardios, a VAL variará muito mais, dado o efeito da capitalização composta implícito na atualização. Projetos do tipo A correspondem, portanto, a projetos do tipo curto prazo, e projetos do tipo B, de longo prazo.

Um projeto pode ter como objetivo o aumento de *output* e consequente aumento de rendimentos, ou manter o *output* com uma redução de custos. Neste segundo caso, o cálculo do VAL é simplificado para o método da atualização de gastos.

### Taxa Interna de Rentabilidade

Indica a rentabilidade intrínseca ao capital investido. Numericamente representa a taxa de atualização que iguala o valor atual dos *cash flows* de exploração líquidos do projeto ao valor atual dos custos de investimento, ou seja, a taxa de desconto que empurra o VAL para o valor zero. A TIR é, portanto, um caso específico do VAL, e é dada pela seguinte equação:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Este valor pode ser lido como a taxa máxima que o investidor poderia financiar sem perda de dinheiro, ou seja, caso o projeto fosse inteiramente financiado por um empréstimo que tivesse de ser pago, com amortizações e juros, à custa dos fluxos do projeto. Desde que a TIR exceda o custo de capital, existe um excedente e o projeto cria valor.

Subtraindo a equação da TIR à do VAL, obtém-se uma nova equação que relaciona os dois critérios (Mao, 1969):


$$VAL = \sum_{t=0}^n CFT * [(1 + cc)^{-t} - (1 + TIR)^{-t}]$$

Sendo TIR, custo de capital (cc-custo médio de oportunidade dos capitais a investir), e CFT positivos, e para t a partir de 1, conclui-se que VAL>0 se TIR>cc, e VAL<0 se TIR<cc.

De um modo geral, a utilização do VAL é mais satisfatória dada a hipótese implícita de reinvestimento subjacente a ambos os critérios. No VAL, os *cash flows* são implicitamente reinvestidos à taxa de custo de capital, e não à própria taxa de rentabilidade do projeto, como no caso da TIR. O facto de o VAL lidar com valores absolutos e não com percentagens, como a TIR, reflete melhor os objetivos da empresa. Este respeita o princípio de aditividade do valor (o valor da empresa corresponde ao valor das suas componentes), permitindo assim avaliar individualmente cada projeto e selecioná-lo com base na regra do VAL positivo (Lopes, 2012). Também garante que na seleção de investimentos mutuamente exclusivos, a escolha do projeto com o maior VAL criará maior valor para a empresa, valor igual à medida exata do VAL calculado. Para seleção de projetos, em particular projetos mutuamente exclusivos, a escolha deverá então orientar-se pelo VAL (Soares *et al*, 1999).

### Período de Recuperação Atualizado

A diferença do PRA para o PR prende-se com o facto de os *cash flows* serem atualizados antes de se determinar o ano em que os *cash flows* acumulados cobrem integralmente o custo do investimento. Tomando o exemplo em uso, para um custo de capital de 10%, tem-se:

$$CF_t \text{ atualiz.} = \frac{CF_t}{(1 + cc)^t}$$


ano	cash flow	CF atualizado	CF acumulado
0	-1000	-1000	-1000
1	200	181,82	-818,18
2	250	206,61	-611,57
3	300	225,39	-386,18
4	300	204,90	-181,28
5	300	186,28	5
6	350	197,57	202,57

Como esperado, a consideração do valor temporal dos *cash flows* provoca um aumento do período de recuperação:

$$PRA = 4 + \frac{181,28}{186,28} = 4,97 \text{ anos}$$

No entanto, este método por si só não deve ser fator de decisão em projetos, principalmente a longo prazo, pois mantém uma das principais falhas que é a de ignorar os *cash flows* após a recuperação do investimento. Um projeto poderá demorar mais tempo a recuperar o seu custo de investimento que um outro, mas ter uma rentabilidade maior, se após o período de recuperação obtiver *cash flows* mais elevados que o segundo projeto. A probabilidade de tal acontecer é superior em projetos com um período de arranque mais longo ou em mercados de difícil penetração inicial. Tanto o PRA como o PR não fazem distinção entre projetos com menor ou maior custo de investimento e o seu cálculo não se aplica para casos em que o investimento se prolonga por vários anos. O período de recuperação é, portanto, uma ferramenta útil quando utilizado como medida de liquidez e de risco, mas não como critério-base para seleção de projetos.

### Índice de rentabilidade

Relaciona o valor atual dos *cash flows* de exploração do projeto com o seu custo de investimento, e diz qual é o valor atual do projeto, por euro investido. A equação dá-se por:

$$IR = \frac{VA \text{ dos } CF}{VA \text{ dos } CI}$$

O índice de rentabilidade não é mais que uma variante do VAL pois relaciona, em termos de quociente, os mesmos fluxos. Para projetos independentes, tanto o VAL como o IR conduzem à mesma decisão. Se um projeto tiver um  $IR = 1,2$  significa que gera 1,2 € por cada 1€ investido e o projeto é aceite. Consequentemente, se  $IR < 1$ , o projeto é rejeitado.

A vantagem deste índice é colmatar uma atenuante do VAL, exemplifica-se:

	<i>VA dos CF</i>	<i>CI</i>	<i>IR</i>
Projeto A	1 500	500	3
Projeto B	30 000	15 000	2

Um projeto pode ter um VAL elevado mas exigir um investimento também demasiado elevado, inoportável, e um outro projeto apresentar um VAL inferior mas exigir um investimento bastante menor. O IR tem a vantagem de ter em conta a dimensão do projeto, atendendo às duas grandezas em termos relativos: *cash flows* atualizados do projeto por unidade de custo investido. Contudo, se não existir racionamento de capital, deve-se optar naturalmente pela opção que traz um maior VAL.

Por fim, exemplifica-se na Tabela 1 como deve se deve proceder para obter o VAL de um determinado projeto, consoante o custo de investimento, vendas, gastos operacionais, depreciações e amortizações, para um dado custo de capital e taxa de imposto:

Tabela 1 – Exemplo de cálculo do VAL para análise de viabilidade económica, in *Lopes, Maria. Elaboração e Análise de Projetos de Investimento, 2012.*

	Valor
Custo de investimento	100
Vendas anuais	150
Gastos de exploração anuais (sem depreciações e amortizações)	50
Custo de capital	10%
Taxa de imposto	20%
Vida útil do investimento	2 anos

	ano 0	ano 1	ano 2
Vendas		150	150
Gastos operacionais		50	50
Depreciações e amortizações		50	50
RO antes de impostos		50	50
Impostos		10	10
RO líquidos		40	40
Cash flow de exploração [(RO + DA)]		90	90
Custo de investimento	100		
Cash flow total	(100)	90	90
$VAL_{10\%}$	$\frac{90}{1,1} + \frac{90}{1,1^2} - 100 = 56,19$		

Neste caso, o VAL deste projeto é de 56,19, o que o torna viável, como se analisou.

Para além dos indicadores financeiros analisados, existem outros critérios de decisão de natureza macroeconómica que também devem ser tomados em conta na análise de um projeto, tais como criação de emprego; formação de pessoal; independência tecnológica; adoção de novas tecnologias; independência tecnológica; aproveitamento de recursos desaproveitados; dinamização de outras indústrias (Lopes, 2012).

### 3 Situação atual - *Layout* Atual

Neste capítulo apresenta-se a situação atual do processo total de Galvanização na Metalogalva. Descreve-se em que consiste a Galvanização na empresa, abordando-se todos os campos de análise afetos ao processo, para uma clara descrição e caracterização.

#### 3.1 Galvanização

Galvanização por imersão a quente (Galvanização) é um processo de aplicação de revestimento de zinco a componentes de aço ou ferro fundido através da imersão do componente num banho de zinco fundido. A simplicidade do processo de Galvanização é uma vantagem sobre outros métodos de proteção contra corrosão, como a metalização.

O zinco apresenta, na maioria dos ambientes naturais, velocidades de corrosão bastante inferiores àquelas observadas para aços de carbono. Além disso, por ser menos nobre que este, protege em qualquer descontinuidade do revestimento através de um mecanismo conhecido como proteção catódica. Estas duas razões fazem com que o zinco seja o metal de maior exposição à atmosfera (Roberge, 2000).

As principais vantagens da galvanização por imersão a quente são:

- Baixa manutenção/custo menor a longo prazo: ao longo da vida útil do componente/estrutura, a galvanização apresenta menores custos quando comparada a revestimentos alternativos.
- Vida longa: a expectativa de vida de revestimentos galvanizados aplicados sobre componentes estruturais ultrapassa 40 anos na maior parte dos ambientes rurais e situa-se entre 10 a 30 anos na maior parte dos ambientes agressivos, urbanos e costeiros.
- Preparo superficial: A imersão em ácido, como pré-tratamento, garante a limpeza uniforme das superfícies de aço. Em contraste, revestimentos orgânicos tradicionais devem ser aplicados sobre superfícies limpas com jato abrasivo e inspecionadas. Esta aplicação é limitada em termos das condições ambientais e da humidade relativa na época da aplicação, tornando-se necessária a implementação de um sistema de pintura robusto.
- Adesão: O revestimento obtido através da galvanização está ligado metalurgicamente ao substrato de aço.
- Contaminação ambiental: O revestimento não é tóxico e não contém substâncias voláteis.
- Velocidade de aplicação: O revestimento protetor é aplicado em minutos e não depende das condições meteorológicas. Um sistema de pintura tradicional pode levar vários dias.

- Proteção uniforme: Todas as superfícies de um componente galvanizado são protegidas tanto interna como externamente, incluindo rebaixos, cantos-vivos e áreas inacessíveis à aplicação de outros métodos de revestimento.

A técnica também possui algumas desvantagens, entre elas:

- A galvanização é um processo que apenas pode ser feito numa unidade industrial. Não pode ser feita no canteiro de obras.
- A coloração do zinco apenas pode ser alterada através da pintura.
- As dimensões dos componentes ou estruturas a galvanizar são limitadas pelas dimensões do forno de galvanização, que contém o zinco líquido.
- Possíveis distorções devido à alta temperatura em certos componentes como painéis grandes e planos, não enrijecidos, assim como empenamento de perfis I, H ou U, de grandes dimensões e pequena espessura de alma.
- A soldadura de componentes de aço galvanizado pode demandar procedimentos diferentes daqueles exigidos pelos aços não revestidos. A soldadura de componentes galvanizados resultará na perda, em algum nível, de parte da camada de revestimento que é volatilizada durante o processo. Torna-se necessário o acondicionamento do revestimento ao longo do cordão de soldadura e áreas adjacentes através, por exemplo, da metalização e utilização de tintas ricas em zinco.

### **Movimentação de material por *jigs*:**

O material que se pretende galvanizar é transportado pelas várias fases do processo no interior da fábrica através de *jigs*. Designa-se por *jigs* ou balanceiros os suportes de ferro aos quais o material é amarrado, por ganchos ou arames metálicos, consoante seja material leve ou pesado, respetivamente. Se se tratar de material de entrada direta, dado a sua configuração não permitir que seja pendurado, usa-se correntes a envolver a peça, presas a ganchos das pontes rolantes. São estas pontes as responsáveis pelo transporte dos *jigs* dentro do mesmo pavilhão. A passagem de *jigs* entre pavilhões é feita através de “carruagens” que se movimentam sobre trilhos, denominadas transferes. No Anexo 4 apresenta-se exemplos deste tipo de estruturas e equipamentos existentes na fábrica de galvanização, que possibilitam movimentação dos *jigs*.

### **Processo Industrial da Galvanização:**

A galvanização por imersão a quente compreende a imersão de um componente metálico num banho de zinco líquido, após limpeza cuidadosa e preparação adequada do componente a ser tratado. O rápido ataque da superfície do componente pelo zinco líquido produz uma camada composta por diferentes ligas zinco/ferro (conhecidas como intermetálicos) que desenvolvem uma ligação muito forte com a superfície do componente. Após a remoção do componente estrutural do banho líquido, uma camada de zinco relativamente puro passa a recobrir a superfície do componente e as camadas de intermetálicos, produzindo uma coloração brilhante, acinzentada ou prateada, bastante característica.

A camada de intermetálicos Zn-Fe é dura e relativamente frágil, fornecendo uma barreira protetora e proteção galvânica eficiente que protege o componente da corrosão. A camada externa, macia, de zinco, protege o componente da abrasão e impactos acidentais durante o período de serviço (European Commission, 2001).

### Preparação dos componentes:

A reação de galvanização somente ocorrerá sobre uma superfície quimicamente limpa. É essencial que a superfície esteja isenta de óleo, sujidade e ferrugem antes do processo. O processo de galvanização na Metalgalva engloba as seguintes fases, por ordem de utilização: desengorduramento, decapagem, lavagem, fluxagem e galvanização.

1. O desengorduramento ácido utilizado consiste num banho diluído de um ácido forte inorgânico e aditivos à temperatura de 30°C. O volume da tina de desengorduramento é cerca de 65 m<sup>3</sup>.

O processo de desengorduramento resulta em resíduos químicos na forma de banhos descartados e lodo. A quantidade de desengordurante para ser descartado depende da quantidade de aço desengordurado e o grau de poluição. Isso correlaciona-se com a duração máxima de trabalho da solução desengordurante que é normalmente entre 1 e 2 anos.

2. A decapagem química é feita com ácido clorídrico diluído a uma temperatura entre 20 e 25°C. O aquecimento dos banhos é feito por um permutador a gás natural. Existem cinco tinhas de decapagem na unidade, totalizando um volume de 325 m<sup>3</sup>. Todas as tinhas de decapagem têm extração e tratamento, em lavadores de gases, dos vapores gerados.
3. O passo seguinte é uma lavagem com água. A tina de lavagem tem cerca de 65 m<sup>3</sup>.
4. O banho de fluxo é uma solução à base de cloreto de zinco e cloreto de amónio a uma temperatura aproximada de 50°C. O volume da tina de fluxagem é cerca de 65 m<sup>3</sup>. Para o aquecimento dos banhos é aproveitado o calor dos gases de exaustão dos queimadores do forno da galvanização.

A finalidade da fluxagem é permitir ao zinco líquido molhar a superfície do aço, uma condição necessária para a reação de galvanização ocorrer. O cloreto de amónio permite uma decapagem adicional (limpeza da superfície) durante a imersão a quente. Para temperaturas acima de 200 ° C o cloreto de amónio decompõe-se em NH<sub>3</sub> e HCl, o que resulta num efeito de decapagem ainda maior.

Na galvanização por imersão a quente, as estruturas metálicas são mergulhadas em zinco fundido à temperatura aproximada de 450°C. A tina/forno de galvanização possui um volume de cerca de 55 m<sup>3</sup>. O forno é encapsulado e tem aspiração dos fumos e tratamento em filtros de mangas. O aquecimento do forno faz-se com queimadores alimentados a gás natural.

A principal matéria-prima para o processo de imersão é, evidentemente, o metal zinco. O consumo médio de zinco para 1 t de aço galvanizado é de 75 kg. A variância destes valores de consumo pode ser atribuída à forma do aço e à qualidade do revestimento. O consumo de zinco é proporcional à superfície revestida e à espessura do revestimento.

O banho de zinco contém geralmente pequenas quantidades de outros metais, que ou são impurezas do zinco ou adicionados como elementos de liga. A composição típica do banho é:

- Zinco 98,9%
- Chumbo 1,0%
- Ferro 0,03%
- Cádmio 0,02%
- Alumínio 0,002%
- Vestígios de outros metais (por exemplo, estanho, cobre)

O alumínio e chumbo são adicionados por terem influência sobre a espessura e aparência do revestimento. A adição de chumbo (0,1 a 0,15 %) tem uma influência sobre as propriedades físicas do zinco, especialmente sobre a viscosidade e a tensão superficial. Esta ajuda a humedecer o aço antes da galvanização e ajuda o zinco a fluir a partir da superfície, após a galvanização. O chumbo pode também ser usado para proteger o forno, fazendo com que o zinco fundido flutue sobre uma camada de chumbo fundido na parte inferior do forno.

Por vezes, para limpar os *jigs* ou para remover revestimentos defeituosos de galvanização, é necessário remover a camada de zinco para que esses revestimentos sejam renovados. Isto é normalmente feito por imersão em ácido diluído. A este procedimento dá-se o nome de Deszincagem, que pode ser realizada na mesma tina que a decapagem ou numa tina separada apenas para o efeito. A vantagem da última é facilitar a reciclagem de zinco. Na Metalogalva, a deszincagem acontece na mesma tina que a decapagem em ácido fraco.

Após arrefecimento, procede-se ao controlo de qualidade e aos acabamentos finais, que incluem a limpeza dos escorridos e retoques com *sprays* à base de zinco. No anexo 5 mostra-se as zonas de trabalho das várias fases do processo descrito.

### Revestimento obtido:

Uma vez que a reação entre o ferro e o zinco tiver virtualmente cessado e o componente retirado do banho de galvanização se encontrar recoberto por uma camada de zinco livre, o processo estará completo. Na realidade, não existe demarcação clara entre o aço e o zinco, mas uma transição gradual através de uma série de camadas de liga, que fornecem a ligação metalúrgica mencionada anteriormente.

Uma microestrutura do revestimento galvanizado será similar ao observado na Figura 12:

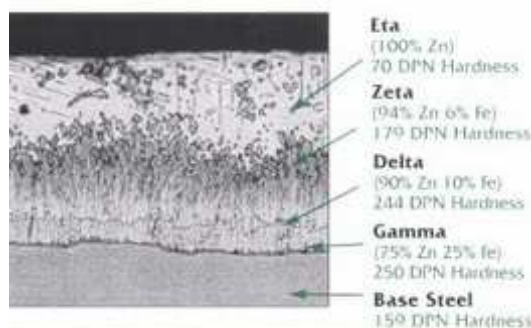


Figura 12 - Microestrutura de revestimento galvanizado, in <http://archive.galvanizeit.org/sd-seminar/what-is-hot-dip-galvanizing>, 2015-05-07, 10:22

A Galvanização por imersão a quente proporciona uma série de benefícios para o aço que protege. As camadas de liga de zinco-ferro metalurgicamente ligados não só criam uma barreira entre o aço e o ambiente, mas também protegem catódicamente o aço. A proteção catódica oferecida pelo zinco significa que o próprio revestimento galvanizado se sacrifica para proteger o aço base subjacente da corrosão. O revestimento tem uma força de ligação de cerca de 3.600 psi ( $\approx 25$  MPa) e é extremamente resistente à abrasão, dadas as camadas intermetálicas serem mais duras que o aço base. No entanto, mesmo que o revestimento seja danificado, a ação sacrificial do zinco irá proteger o aço exposto até 0,65 cm de espessura (American Galvanizers Association, 2015).



### 3.2 *Layout* e processo

A fábrica de Galvanização está dividida em 4 pavilhões, cada um destinado a diferentes efeitos. Como se observa na Figura 13, o material a galvanizar dá entrada por diferentes portões e pavilhões, consoante o seu tipo.

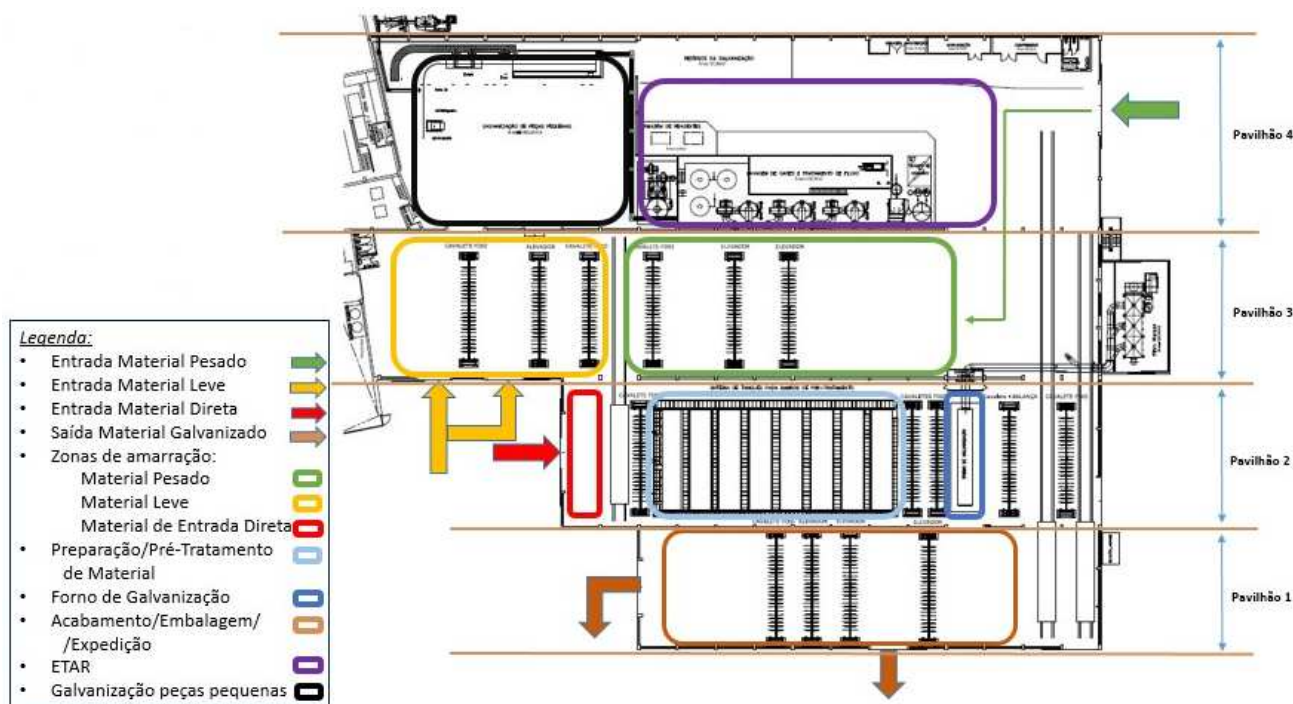


Figura 13 – *Layout* atual da fábrica de galvanização (entrada e saída de material)

O Material Leve chega à sua zona de amarração pelos portões G1 e G2 do pavilhão 3. O Material Pesado entra pelo portão G8 do pavilhão 4. O Material de Entrada Direta entra pelo portão G3 do pavilhão 2.

No pavilhão 4 situa-se a Galvanização de peças pequenas e a Unidade de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), onde também é acabado e expedido algum material galvanizado. No pavilhão 3 encontra-se a zona de amarração de material leve e de material pesado, no pavilhão 2 a zona de decapagem e forno de galvanização e no pavilhão 1 a zona de embalagem, acabamento e expedição de material galvanizado.

Para o efeito, a fábrica de galvanização possui vários portões. A Figura 14 mostra a disposição dos vários portões, numerados de 1 até 8, com a designação G, de galvanização, no seu nome.

O tempo que o material a galvanizar fica imerso no banho de zinco do forno de galvanização, denomina-se micragem, e é diferente para diferentes tipos de material. Material como colunas tem uma espessura menor como, por exemplo, vigas e perfis, e necessitam de mais tempo de micragem. Como será visto na secção 3.6, o registo de produção é efetuado em balanceiros/h de material galvanizado e esse indicador é mais baixo quando se trata de colunas, sendo aproximadamente 3 bal/h. O facto deste tipo de material representar 30% da produção, e os restantes 70% de material serem galvanizados a um ritmo de aproximadamente 4 bal/h, faz com que se chegue ao valor médio de produção de aproximadamente 3,73 bal/h, referidos nessa secção.

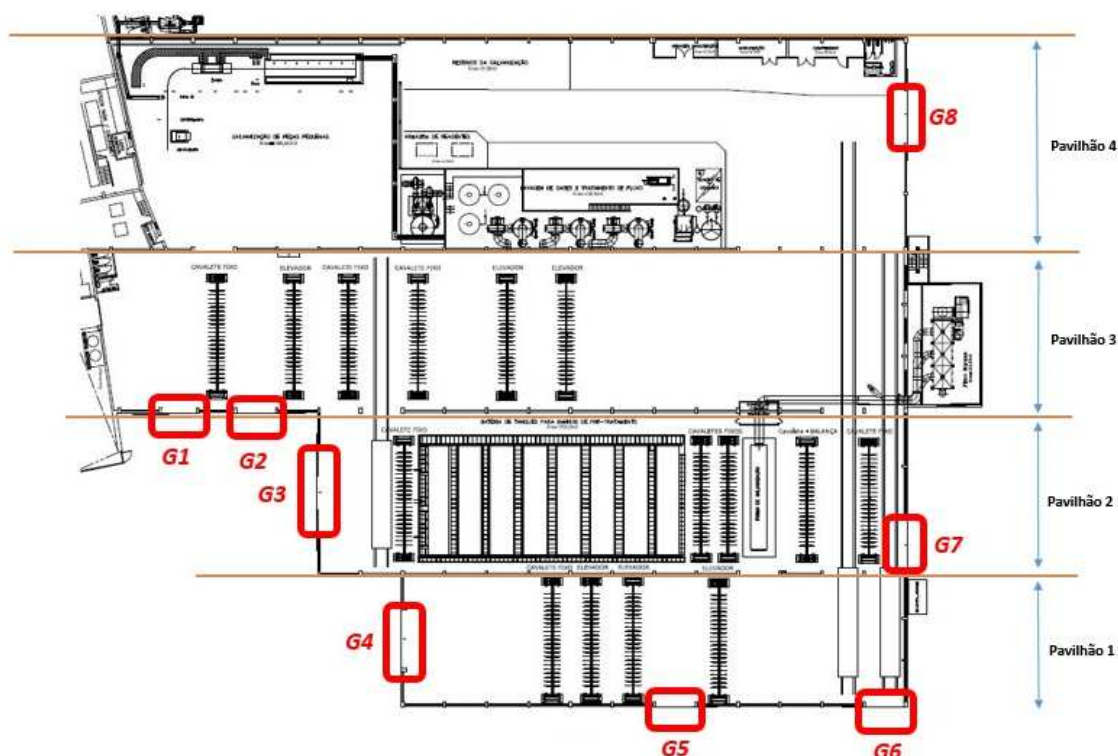


Figura 14 – *Layout* atual da fábrica de galvanização (portões)

Os portões permitem o acesso às diferentes zonas e pavilhões da fábrica, e estão convenientemente distribuídos, à exceção do portão G8, por onde dá entrada o material a preto pesado. Os empilhadores que transportam este tipo de material para a sua zona de amarração têm o trajeto dificultado devido ao espaço apertado de manobra, como se mostra na Figura 15, situação que se agrava quando se trata do transporte de peças de elevada dimensão como vigas.

**Planta Fábrica de Galvanização – ampliação de parte dos pavilhões 3 e 4**  
Movimentação de Material Pesado

Situação Atual

Legenda:

- Material a transportar
- Percurso do empilhador
- Empilhador Lateral
- Zona de acabamento de Material Galvanizado
- Armazém de matéria prima zinco
- Pilar constrangedor de movimento

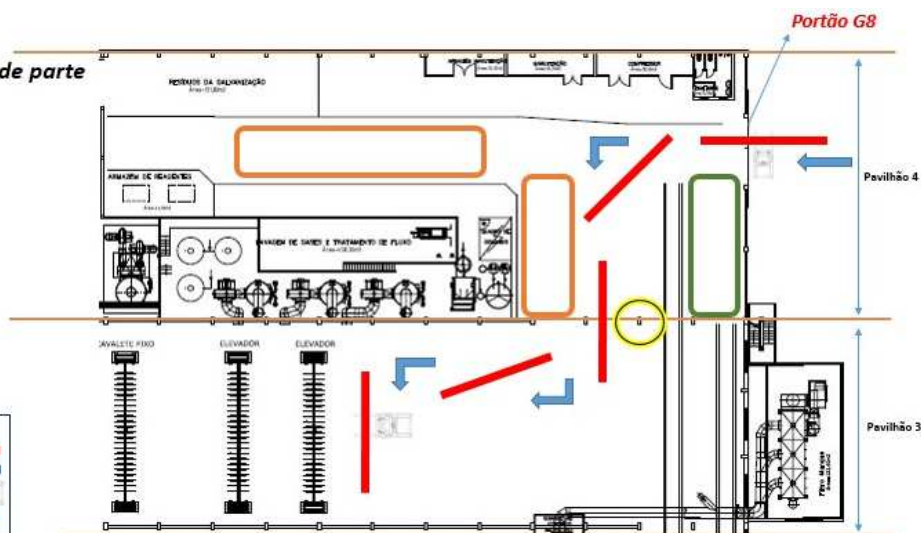


Figura 15 - Ampliação de parte do *layout* atual da fábrica de galvanização (dificuldade de movimentação de material)

Todo o material a preto, seja leve, pesado ou de entrada direta é pendurado nos *jigs* e transportado por estes pelas diferentes fases do processo de galvanização. Os *jigs* são

movimentados ao longo de cada pavilhão através de pontes rolantes (existentes em todos os pavilhões) e transferidos para outro pavilhão através de transferes. Qualquer *jig* carregado com material a preto inicia o percurso 1 numa das zonas de amarração, no pavilhão 3 se for material leve ou pesado, ou no pavilhão 2 se for material de entrada direta, seguindo para a decapagem química e posteriormente para o forno de galvanização. Uma vez arrefecido, o material já galvanizado é levado para a zona de acabamento/embalagem/expedição onde o *jig* termina o percurso 1. O percurso 2 refere-se à devolução dos *jigs*, sem material amarrado, à zona de amarração para que um novo ciclo possa ter início. Este percurso tem início no pavilhão 1 e término no pavilhão 3. Na Figura 16 esquematiza-se os percursos 1 e 2 dos *jigs*.

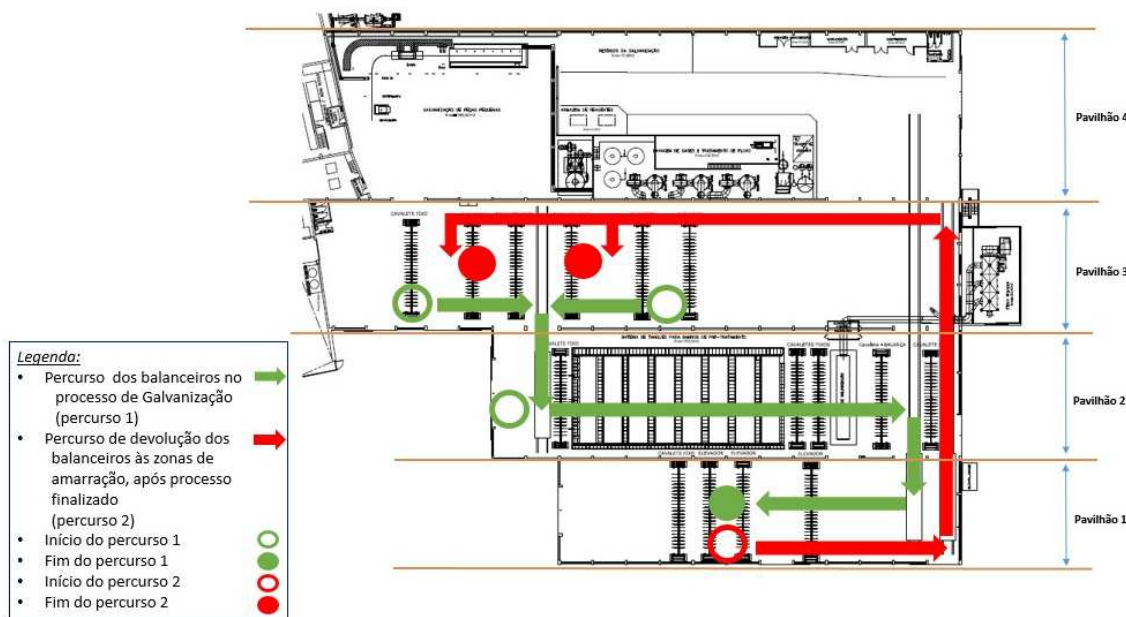


Figura 16 – Layout atual da fábrica de galvanização (percurso dos *jigs*)

Uma vez terminado o processo, o material galvanizado é levado para os respetivos parques, nos quais fica alocado até ser expedido por camião. No Anexo 6 mostra-se o fluxograma do processo.

### 3.3 Parques de material e percurso de empilhadores

O material a preto chega à Metalgalva 1 transportado por camiões e é colocado nos vários parques, consoante o tipo de material que se trata. Esta distribuição deve aproximar os parques dos portões pelos quais o material dá entrada, para que as distâncias percorridas pelos empilhadores sejam o mais curto possível. No Anexo 2 mostra-se essa distribuição para o material leve, pesado e de entrada direta, respetivamente, e os percursos que os empilhadores fazem para transportar o material a preto às respetivas zonas de amarração.

**Material leve:** está alocado nos seguintes parques: 2b a 20b (cliente externo); 13a, 14a, 15a, 19a, 24, 26, 27 e 28 (material interno). Todo o material dá entrada pelos portões G1 e G2, exceto o que está colocado nos parques 14a e 15a (colunas Metalgalva) que dão entrada pelo portão G8 e são penduradas na zona de amarração de material pesado (Figura 1 do Anexo 2).

**Material pesado:** está alocado nos seguintes parques: 16a, 17a, 18a, 29 e 30 (cliente externo); 13a, 18a, 20a a 23, 24 a 26, 27 e 28, 31 e 32 (material interno). Este material dá entrada pelo portão G8 e é pousado na zona de armazenagem de material pesado até ser pendurado (Figura 2 do anexo 2).

**Material de entrada direta:** está alocado todo ele no parque 18a. O portão de entrada deste material é o G3 (Figura 3 do Anexo 2).

**Material galvanizado:** depois de galvanizado o material é acabado, embalado e expedido pelos portões G4 e G5 para os seguintes parques: 2a a 7a, 8a a 12a e para os parques designados de “expedição” (Figura 4 do Anexo 2).

A distribuição de material, preto e galvanizado, pelos parques é condicionada pela conciliação entre otimizar distâncias e adequar a quantidade de material à área de parque necessária. Tendo este fator em conta, o *layout* atual tem a vantagem de ter os parques próximos dos portões de saída, para o caso de material galvanizado e entrada, para o caso de material a preto, exceto o material de entrada direta.

O material de entrada direta, dado ser de dimensões elevadas e configurações elaboradas, deveria estar mais próximo do portão de entrada G3, pois o seu transporte pelos empilhadores é de maior dificuldade e mais vagaroso, e apresenta um risco acrescido por ser um percurso distante.

No entanto este material ocupa uma área de  $\approx 372 \text{ m}^2$  (Figura 3 do Anexo 2 e Tabela 3 da secção 3.4) e se fosse transferido para uma área de parques mais próximo do portão G3, implicaria que ou o material leve a preto de clientes externos (alocado nos parques 2b a 20b) ou o material galvanizado (alocado nos parques 2a a 7a) fossem transferidos para uma zona mais distante, o que aumentaria o percurso dos empilhadores. Dado que o material de entrada direta efetua o percurso com menos frequência do que os outros materiais referidos, seria uma clara desvantagem pois entrar-se-ia em perdas de distâncias e consequentemente de tempo, e um aumento de custos com empilhadores, justificando-se assim que este material permaneça aloado em  $\approx 50\%$  do parque 18a, como se verá na secção 3.4.

### 3.4 Distâncias percorridas por empilhadores

Para determinar as distâncias percorridas pelos empilhadores foi utilizado o *software AutoCAD 2013*. Os parques de material da Metalgalva 1 foram fisicamente medidos e desenhados na planta fornecida pela empresa em ficheiro do programa. Na Figura 21 exemplifica-se como foi efetuada a medição de distâncias através da criação de linhas entre parques e zonas de destino para simular os percursos aproximados dos empilhadores.

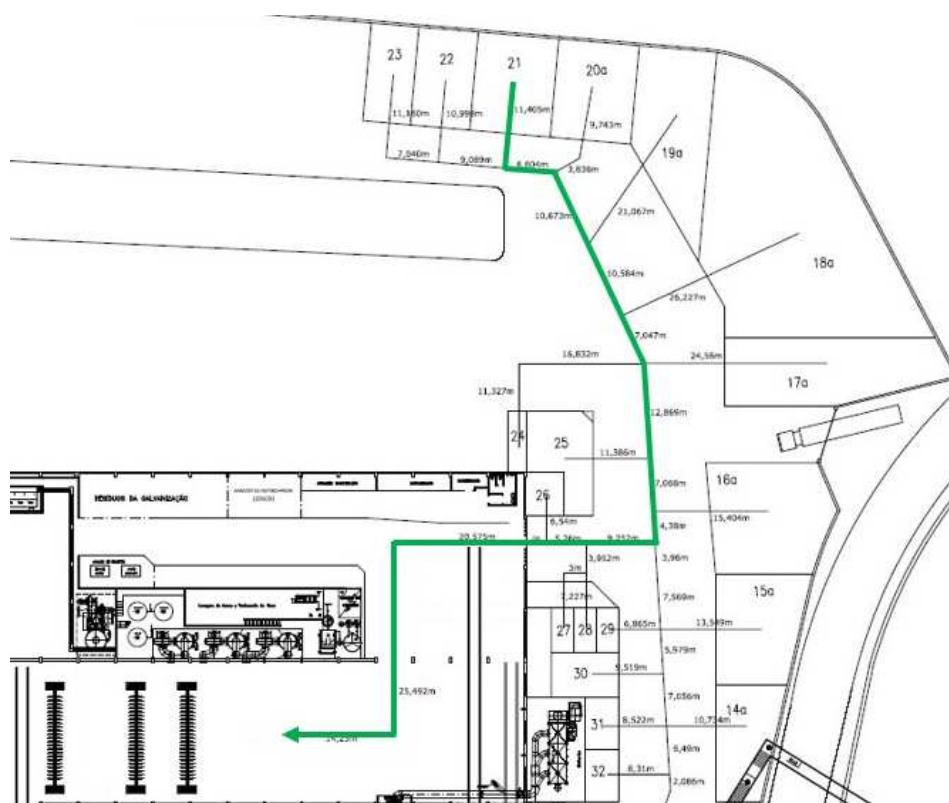


Figura 17 - Ampliação de parte do *layout* da Metalgalva 1 (exemplo de medição de distância)

Também através do *AutoCAD* 2013 determinaram-se as áreas de todos os parques de material e organizou-se essa informação na Tabela 2.

Tabela 2 - Áreas dos parques de material na Metalgalva 1

Área dos parques [m <sup>2</sup> ]							
Parque	Área		Parque	Área		Parque	Área
1	180,369		16a	232,073		18b	34,917
2a	77,861		17a	247,209		19b	22,085
3a	108,051		18a	743,794		20b	20,101
4a	125,516		19a	217,073		21	143,953
5a	75,565		20a	143,953		22	105,792
6a	77,876		2b até 8b	132,335		23	84,469
7a	94,299		9b	18,731		24	20,370
8a	57,561		10b	19,944		25	95,615
9a	54,429		11b	26,950		26	29,259
10a	40,493		12b	45,866		27	18,000
11a	40,764		13b	49,245		28	18,000
12a	30,489		14b	30,326		29	18,000
13a	166,103		15b	32,415		30	54,000
14a	123,706		16b	32,201		31	31,500
15a	168,716		17b	35,175		32	31,000

Para efeitos de medição de distâncias os parques do mesmo tipo de material foram agrupados em núcleos (como visto na secção 3.3) e a partir do ponto médio foi encontrada a distância pretendida. Para o material a preto essa distância deve ser ponderada relativamente à percentagem que cada parque ocupa face ao total, isto porque o peso do material a preto nos parques é desconhecido.

Na equação 1 mostra-se a expressão utilizada:



$$\text{Distância média ponderada} = \text{distância } i * \frac{\text{Área parques } i}{\text{Área total material}}$$

No caso do material galvanizado, que é pesado no cavalete balança à saída do forno de galvanização, o peso do material é conhecido e a distância média ponderada é relativa ao peso de cada tipo de material galvanizado alocado nos parques destinados, como se mostra na equação 2.

$$\text{Distância média ponderada} = \text{distância } i * \frac{\text{toneladas } i}{\text{toneladas total}}$$

A informação obtida encontra-se resumida na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição dos tipos de material pelos parques (*layout* atual)

Organização dos Parques na situação atual - <i>layout</i> atual						
Material	Origem	Área Ocupada i [m²]	Destino	Distância [m]	A parques i / A total material	
Leve Externo	Parques 2b a 20b	500,291	Portões G1 e G2	71,691	0,552	
Leve Interno	Parque 13a	83,052	Portões G1 e G2	169,112	0,092	
	Parques 14a e 15a	62,741	Portão G8	116,337	0,069	
	Parque 19a	217,073	Portões G1 e G2	271,507	0,240	
	Parques 24 e 26	24,815	Portões G1 e G2	232,809	0,027	
	Parques 27 e 28	18,000	Portões G1 e G2	228,923	0,020	
						Σ = 1
Pesado Externo	Parque 16a	232,073	Portão G8	94,613	0,138	
	Parque 17a	247,209	Portão G8	123,706	0,147	
	Parque 18a (25%)	185,949	Portão G8	132,420	0,110	
	Parques 29 e 30	72,000	Portão G8	96,858	0,043	
Pesado Interno	Parque 13a	83,052	Portão G8	138,754	0,049	
	Parque 18a (25%)	185,949	Portão G8	132,420	0,110	
	Parques 20a a 23	478,167	Portão G8	149,554	0,284	
	Parques 24 a 26	120,430	Portão G8	97,663	0,071	
	Parques 27 e 28	18,000	Portão G8	76,756	0,011	
	Parques 31 e 32	62,500	Portao G8	109,543	0,037	
						Σ = 1
Entrada Direta	Parque 18a (50%)	371,897	Portão G3	266,280	1,000	
						Σ = 1
Material	Origem	Quantidade [ton/mês]	Destino	Distância [m]	ton i / ton total	
Galvanizado	Portões G4 e G5	675,8	Parques 2a a 7a	74,724	0,211	
	Portões G4 e G5	844,7	Parques 8a a 12a	82,172	0,263	
	Portões G4 e G5	1689,5	Parques expedição	262,240	0,526	
						Σ = 1

Uma vez obtidas as distâncias médias ponderadas para todos os tipos de material, encontrou-se a distância média total ponderada para a alimentação de material (por cada viagem), que engloba todo o material a preto e para a devolução de material que engloba todo o material galvanizado. A ponderação de material a preto teve em conta a percentagem do total de áreas que cada tipo de material a preto (leve, pesado ou de entrada direta) ocupa, face ao total da área ocupada pelo material a preto. Na Tabela 4 apresenta-se essas distâncias.

Tabela 4 - Distâncias médias ponderadas percorridas pelos empilhadores, por viagem (*layout* atual)

		Área i / $\Sigma$ Áreas
Área total dos parques de Material Leve (A.t.l.) [m <sup>2</sup> ]	905,971	0,306
Área total dos parques de Material Pesado (A.t.p.) [m <sup>2</sup> ]	1685,327	0,569
Área total dos parques de Material de Entrada Direta (A.t.e.d.) [m <sup>2</sup> ]	371,897	0,126 $\Sigma = 1$
$\Sigma =$	2963,195	
Quantidade total de Material Galvanizado (A.t.g.) [t/mês]	3800	
Distância média ponderada percorrida pelo Material Leve [m]		139,127
Distância média ponderada percorrida pelo Material Pesado [m]		125,663
Distância média ponderada percorrida pelo Material Entrada Direta [m]		266,280
Distância média ponderada percorrida pelo Material Galvanizado [m]		175,377
Distância total média ponderada percorrida na alimentação de Material [m]		147,428
Distância total média ponderada percorrida na devolução de Material [m]		175,377

O facto de não se conhecer o peso do material a preto causa alguma incerteza na aproximação feita relativamente à ponderação das distâncias médias pelas áreas ocupadas, isto porque material de maior dimensão que ocupe uma área  $\beta$  pode fazer o mesmo número de viagens que um tipo de material que ocupe uma área  $\beta/2$ . Torna-se necessário justificar esta opção.

A Tabela 5 mostra como foi organizada a informação recolhida do número de *jigs* trabalhados na amarração e no forno.

Tabela 5 - *Jigs* trabalhados na zona de amarração e forno de galvanização, em 2015

Jigs trabalhados na zona de amarração e no forno de galvanização em 2015								
Mês	Nº médio de <i>jigs</i> na Amarração turno 1	Nº médio de <i>jigs</i> no Forno turno 1	Nº médio de <i>jigs</i> na Amarração turno 2	Nº médio de <i>jigs</i> no Forno turno 2	Nº médio de <i>jigs</i> na Amarração turno 3	Nº médio de <i>jigs</i> no Forno turno 3	Nº médio de <i>jigs</i> na Amarração por dia	Nº médio de <i>jigs</i> no Forno por dia
Janeiro	25	27	23	28	24	25	72	80
Fevereiro	23	27	22	26	22	23	67	76
Março	25	28	23	28	21	24	69	80
média:	24,33	27,33	22,67	27,33	22,33	24,00	69,33	78,67

O registo da amarração do número de *jigs* não inclui o material de entrada direta, logo apenas são contabilizados os *jigs* com material leve e material pesado. Por outro lado, o registo do forno de galvanização do número de *jigs* trabalhados inclui todo o material, inclusive o de entrada direta. Fazendo a diferença entre os dois registos, sabe-se a quantidade de *jigs* com material de entrada direta:  $78,67 - 69,33 = 9,34$ .

A percentagem de material de entrada direta é, portanto:  $9,34/78,67 = 11,87 \approx 12 \%$

Na Tabela 4 viu-se que a percentagem de material de entrada direta é de  $12,6 \% \approx 13 \%$

Conclui-se que é legítimo fazer uma aproximação de percentagem de quantidade de material pelas áreas de parque ocupado, dada a diferença ser inferior a 1%.

### 3.5 Alocação de recursos humanos

No processo laboral da Unidade de Galvanização existem três turnos diários de 8h, que na prática correspondem a 7,5h se se descontar o tempo de pausa de 30 minutos. Na Figura 22 mostra-se um esquema da organização destes turnos:

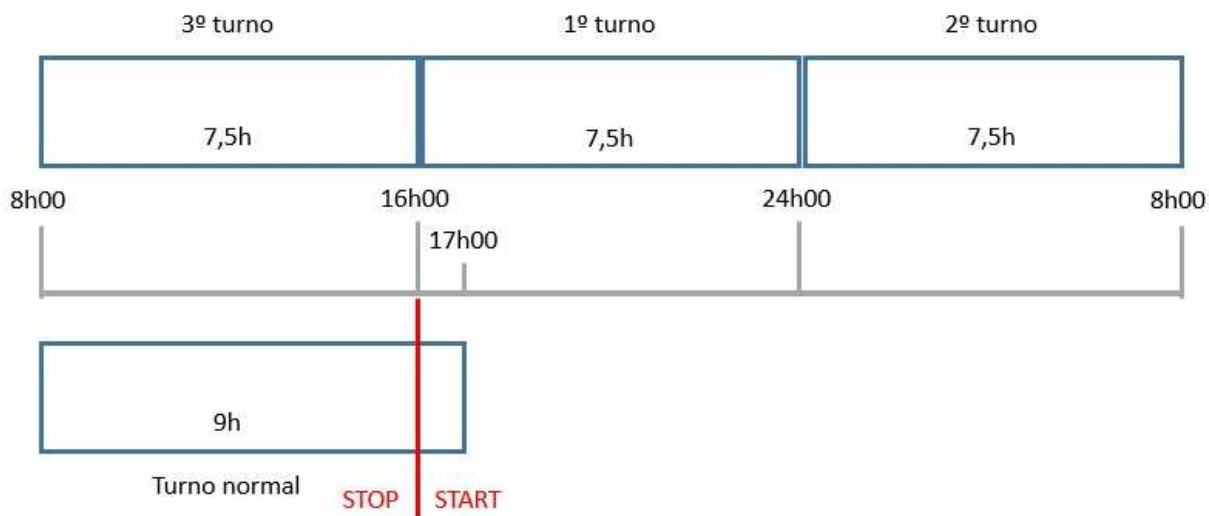


Figura 18 - Turnos de trabalho na Unidade de Galvanização

Os turnos são divididos em normais e rotativos. Todos os turnos mencionados são constituídos por trabalhadores efetivos da empresa, cerca de 75%, e por trabalhadores subcontratados à empresa Randstad, os restantes 25%.

Qualquer um dos turnos pode ser alvo de extensão temporal, seja começar antecipadamente, seja terminar tardiamente (margem até 2h). Isto acontece naturalmente quando existe essa necessidade para dar vazão a material em espera. No turno normal, os 4 elementos que compõem a parte da limpeza (limpeza de material galvanizado com ferramentas adequadas) fazem um horário alargado, iniciando às 06h00 e terminando às 18h00. Isto acontece pela necessidade existente de acabamento de material galvanizado, para que não ocorra acumulação do mesmo.

O 1º turno tem início às 16h00 quando arranca a produção de 24h que é planeada diariamente pelos 3 elementos da organização da Unidade de Galvanização, pelas 14h. Na Figura 23 mostra-se a distribuição de elementos por turnos e por secção de trabalho:

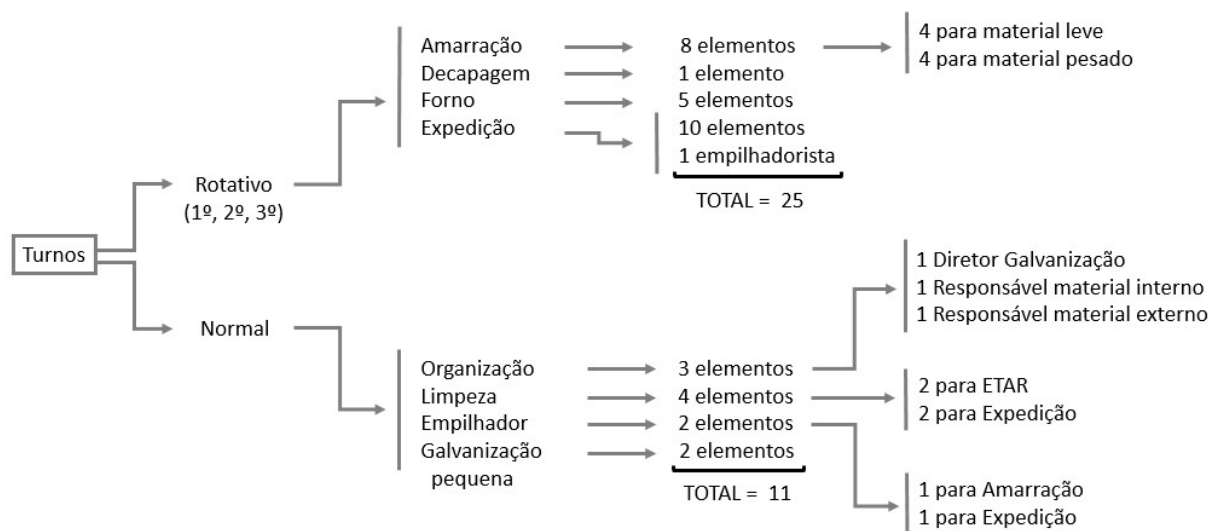


Figura 19 - Elementos por turno e por secção



A galvanização pequena é uma zona dentro da fábrica de galvanização que, como o próprio nome indica, se destina ao tratamento de peças pequenas, daí apenas ser necessário dois trabalhadores. Estes trabalhadores recebem o material na sua zona de trabalho por empilhador, e tratam de todas as fases do processo (amarração, decapagem e forno de galvanização). A expedição deste tipo de material é idêntica à do restante material, abrangido por este estudo.

### 3.6 Produção e tempos

Para esta análise foram utilizados os dados relativos ao ano de 2013, pois o ano de 2014 foi ligeiramente mais baixo em termos de produção e faturação, situação atípica e pontual. Os valores registados em 2015 até à data assemelham-se aos do ano 2013, e faz assim sentido ter estes como referência para o estudo.

O registo de produção da Galvanização da Metalgalva é feito pelo indicador balanceiros/h (bal/h)  $\equiv$  (jigs/h), na zona de Amarração e à saída do Forno. A Figura 24 mostra esse registo no ano de 2013.

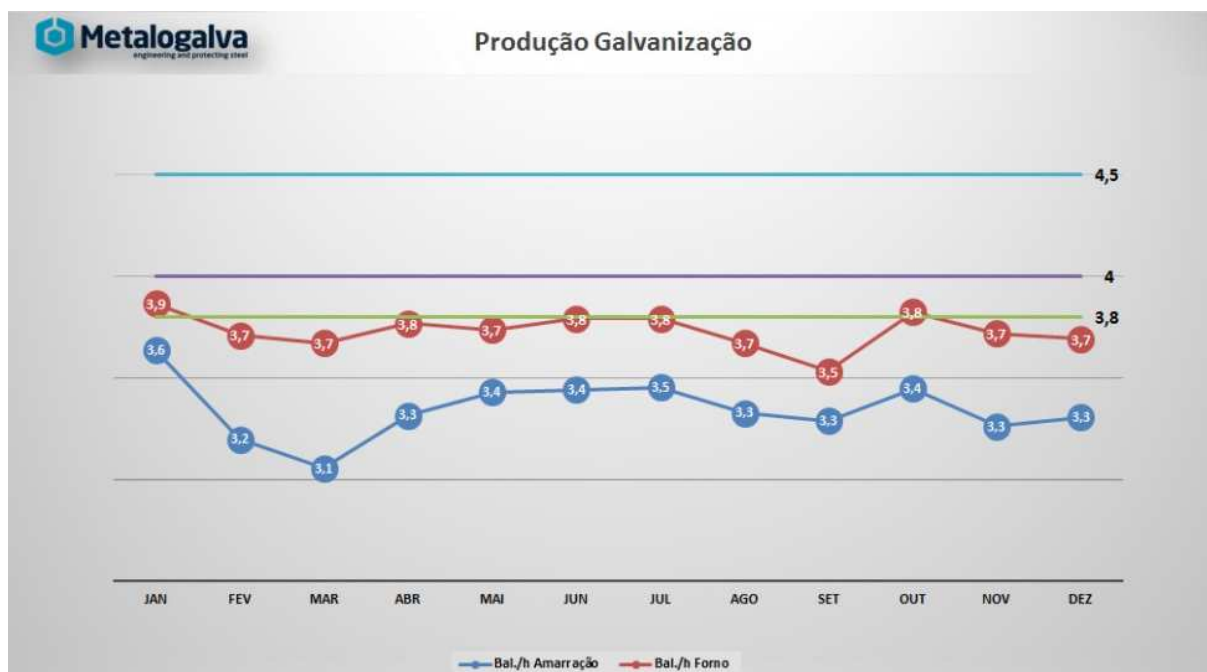


Figura 20 - Produção da Unidade de Galvanização em 2013, em jigs/h na amarração e no forno, in *Registos Metalgalva - Produção Galvanização, 2013*

Da análise destes dados, verifica-se que a média de jigs /h no forno de galvanização foi de 3,73, e a média de jigs/h na amarração foi de 3,34. Esta diferença prende-se com o facto de os jigs que carregam material de entrada direta não serem contabilizados no registo de amarração. O nível de produção é, portanto, medido pela quantidade de jigs que passam pelo forno de galvanização. Esta quantidade de jigs no forno equivale necessariamente à quantidade de material galvanizado que é expedido. De outra forma, o material galvanizado acumularia dia após dia na zona de expedição e tornar-se-ia impraticável laborar.

Como visto na seção 3.5, existem diariamente 3 turnos de 7,5h. A quantidade média de jigs por mês e consequentemente por ano é, então:

$$3,73 \text{ jigs/h} * 7,5\text{h} * 3 \text{ turnos} * 30\text{dias} = 2\,517,75 \text{ jigs/mês}$$

$$2\,517,75 \frac{\text{jigs}}{\text{mês}} * 12 \text{ meses} = 30\,213 \text{ jigs/ano}$$

À saída do forno de galvanização os *jigs* com material galvanizado são pesados num cavalete balança. Fazendo o somatório do peso desse material no final de cada mês, fica-se com o indicador t/mês de material galvanizado. O valor aproximado foi de 3210 t/mês e distribuído da seguinte forma:

- Material Cliente externo: 675,8 t/mês
- Material Metalgalva 3: 844,7 t/mês
- Material Metalgalva 2: 1689,5 t/mês

### 3.7 Custos e faturação

Como mencionado na secção 3.6, a quantidade aproximada produzida na Unidade de Galvanização é de aproximadamente 3.210 t/mês, que corresponde a 38.518 t/ano de material galvanizado (10.105 t correspondente a material de clientes externos e 28.413 t correspondente a material Metalgalva).

Na tabela 6 mostra-se a faturação correspondente a esta quantidade:

Tabela 6 - Faturação da Unidade de Galvanização, *in Registos Metalgalva - Faturação Galvanização, 2013*

Clientes Externos						
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Facturação	594.996,40 €	558.773,63 €	373.145,47 €	296.063,93 €	353.064,24 €	230.041,55 €
Toneladas Expedidas	1 723 ton	1 671 ton	717 ton	683 ton	659 ton	597 ton
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Facturação	318.659,31 €	242.413,02 €	299.575,02 €	306.875,60 €	282.533,65 €	201.360,67 €
Toneladas Expedidas	743 ton	616 ton	782 ton	710 ton	685 ton	519 ton
						10 105 ton
Produtos Metalgalva						
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Facturação	347.837,91 €	310.496,41 €	525.016,56 €	495.891,84 €	450.044,58 €	588.609,85 €
Toneladas Expedidas	1 598 ton	1 345 ton	2 216 ton	2 105 ton	1 990 ton	2 490 ton
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Facturação	694.439,32 €	500.879,05 €	647.384,79 €	717.497,15 €	514.094,17 €	573.439,85 €
Toneladas Expedidas	3 054 ton	2 311 ton	3 125 ton	3 326 ton	2 344 ton	2 508 ton
						28 413 ton

No total, a faturação da Unidade da Galvanização da Metalgalva é aproximadamente **10.423.133 €/ano**

Os custos associados à produção na Galvanização relacionam-se com matéria-prima, pessoal, e FSE. As rubricas de FSE incluem gastos de maior relevo como gás (para aquecimento do forno de galvanização e tinas de decapagem); eletricidade (iluminação e todo os aparelhos/mecanismos que sejam alimentados a eletricidade); subcontratos e trabalhos especializados (trabalhadores temporários, serviços de outras empresas de diversas áreas como serralharia, transporte, manutenção, etc.). No total, os custos associados à Unidade de Galvanização são aproximadamente **8.285.538 €/ano** (informação retirada dos Registos Metalgalva – Custos Galvanização 2013).

## 4 Propostas de alteração: *Layout 1* e *Layout 2*

Neste capítulo são analisadas as alterações físicas (estruturas da fábrica) e organizacionais (fluxo de trabalho) encontradas para o *layout* atual da Unidade de Galvanização, a sua incorporação nas soluções propostas (*layout 1* e *layout 2*), a forma como estas solucionam problemas existentes atualmente e o consequente aumento de produção expectável. A vantagem e viabilidade de ambas soluções são comprovadas por uma análise económica de viabilidade.

### 4.1 Apresentação das alterações estruturais na fábrica

As alterações físicas pensadas para a fábrica de galvanização e para os parques de material têm em vista a facilitação de movimentação de material, de modo que a percentagem de tempo perdido em cada fase do processo seja diminuída, reduzindo assim desperdícios de alimentação, movimentação e espera por material, mencionados no capítulo 2. Na Figura 25 mostra-se a primeira dessas alterações.

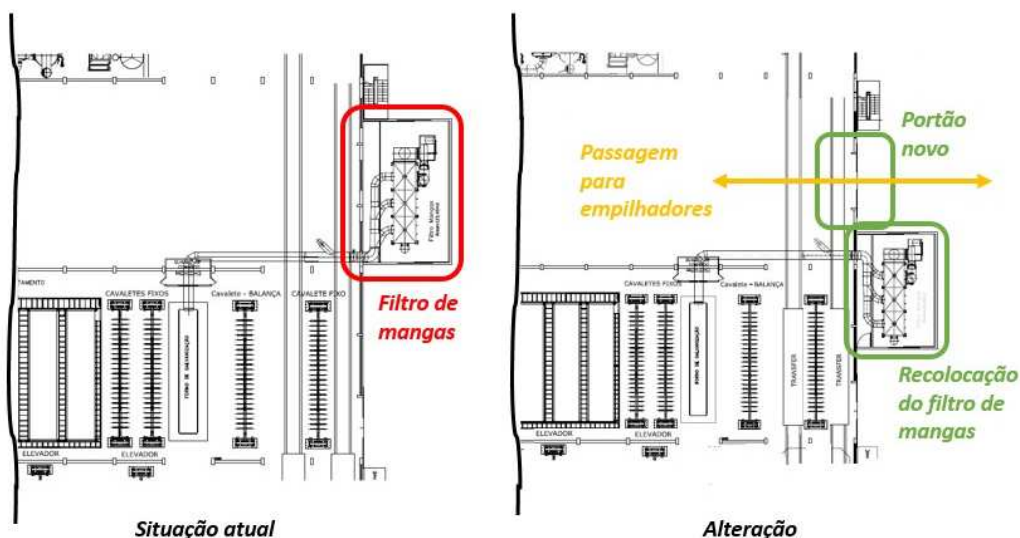


Figura 21 - Alteração 1 (criação de novo portão no pavilhão 3 e recolocação do filtro de mangas)

Esta alteração abrange o pavilhão 3 e consiste na recolocação do filtro de mangas e criação de um novo portão, que visa facilitar a movimentação dos empilhadores de/para a zona de amarração de material pesado. Contudo, o custo de investimento perspectivado para uma obra deste tipo é demasiado elevado para ser considerado neste projeto dado tratar-se de uma estrutura complexa e de grandes dimensões, sendo portanto necessário encontrar uma solução menos dispendiosa que solucione o problema de passagem de empilhadores entre o portão G8 e a zona de amarração de material pesado, referido na Figura 15 na secção 3.2.

Com este objetivo, foi pensada a segunda alteração, mostrada na Figura 26.



Figura 22 - Alteração 2 (remoção de pilar na zona de passagem de empilhadores, entre pavilhões 2 e 3)

Esta alteração, apesar de não ser tão eficaz como a alteração 1 na resolução do problema em questão, facilita a movimentação de material e reduz os tempos de viagens dos empilhadores que por aqui passam, como se justificará na secção 4.4, quando se analisar tempos de viagem dos empilhadores para as propostas de solução 1 e 2.

As alterações 3 e 4 associam-se à movimentação de *jigs* e intenção de obter um índice de disponibilidade maior dos mesmos, para que acompanhe a maior quantidade de material disponível, fruto das restantes alterações para esse efeito. Estas alterações são mostradas nas Figuras 27 e 28.

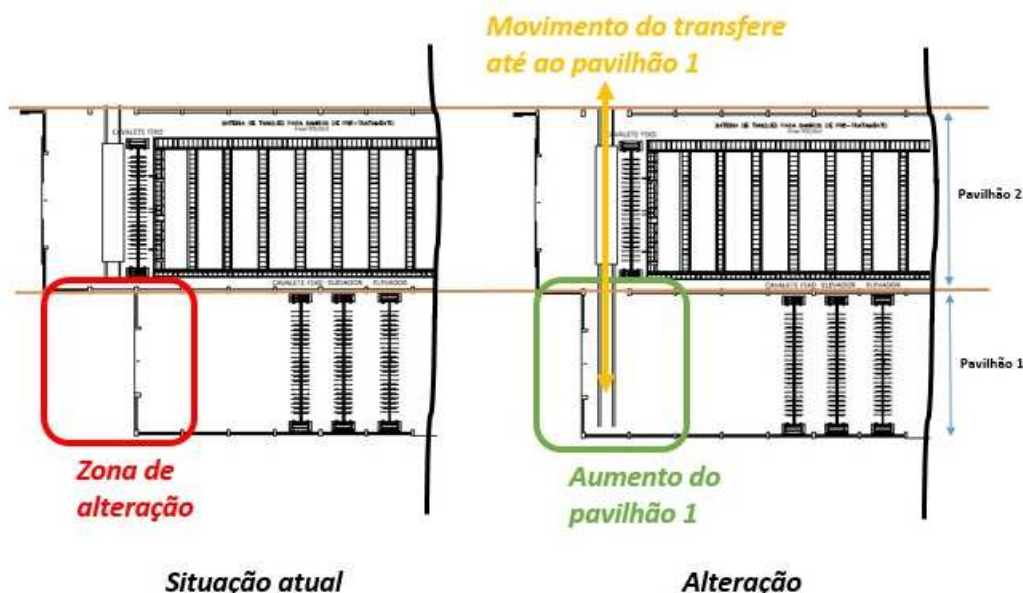


Figura 23 - Alteração 3 (Aumento do pavilhão 1 e extensão dos trilhos do transfere)

A alteração 3 faz com que seja possível a devolução de balanceiros à zona de amarração por um percurso adicional, que atualmente apenas é efetuada pelo percurso mostrado na Figura 16 na secção 3.2. Na subsecção 4.4.3 justificar-se-á a vantagem desta alteração com a análise da movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes.

Esta alteração cria a necessidade de análise do espaço adjacente de passagem de empilhadores e camiões, pois torna-se inviável se obstruir a passagem dos mesmos. A Figura 28 esquematiza esta situação.



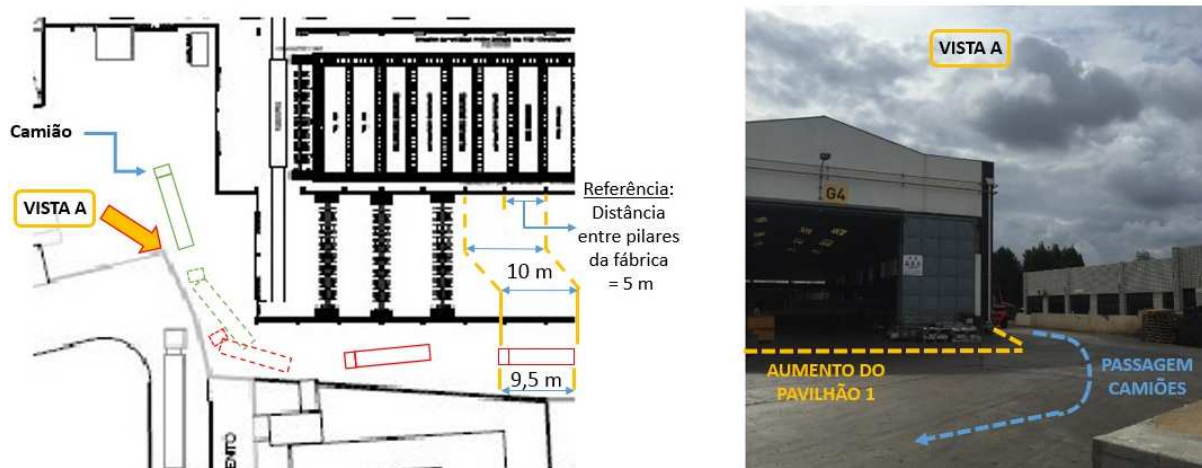


Figura 24 - Passagem de camiões na alteração 3 (Aumento do pavilhão 1)

As dimensões aproximadas do tipo de camiões em causa mostram-se na Figura 29, como justificação dos valores utilizados na esquematização da Figura 28.

De 15.000 a 26.000 Kg



Tipo Contendor	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Cubicagem (m <sup>3</sup> )
Alumínio	6,10	2,24	2,39	32,66
Lona	7,50	2,48	2,50	46,50
Frigorífico	7,42	2,45	2,56	46,54

Comprimento médio da cabine de um camião deste tipo ≈ 2m

Comprimento total = contendor + cabine do camião = 7,5 + 2 = **9,5 m**

Figura 25 - Dimensões *standard* de camiões de carga entre 15.000 a 26.000 Kg, in <http://www.torrestir.pt/gca/?id=72>, 2015-06-11, 15:06

Verifica-se que a passagem de camiões não fica comprometida com o aumento do pavilhão 1. Isso apenas se poderia verificar se esta passagem fosse também destinada a camiões tipo TIR cujo comprimento total se aproxima dos 15m, situação que não acontece porque mesmo na situação atual (sem o aumento do pavilhão 1) a passagem de camiões com esse comprimento seria de extrema dificuldade. Por este motivo, os camiões tipo TIR apenas se movimentam numa área próxima das entradas na Metalgalva 1, indicadas no Anexo 1, sem nunca fazerem um percurso que percorra o perímetro da fábrica de galvanização.

Para chegar à confirmação representada na Figura 28 colocou-se durante um mês um meco numa posição que simulasse o canto inferior esquerdo do aumento do pavilhão, restringido desta forma o espaço de movimentação de empilhadores e camiões, consequência desta alteração. O fluxo de movimentação não se alterou, nem atrasos de qualquer tipo foram identificados, validando a alteração.

Como consequência do facto de se realizarem obras de construção civil no pavilhão 1, referentes à alteração 3, a elevação do pé direito do pavilhão 1 até ao do adjacente pavilhão 2, identificada na Figura 30, é uma clara vantagem pois resolve um problema de passagem de *jigs* transportados pelas pontes rolantes quando outros *jigs* estão pousados nos cavaletes-elevador em posição elevada.



Figura 26 - Alteração 4 (Elevação do pé direito do pavilhão 1)

Cada vez que esta situação ocorre cria-se a necessidade de baixar os cavaletes-elevador com os *jigs* pousados, para que seja criada altura suficiente de passagem de outro *jig* carregado com material, transportado por uma ponte rolante. Estes atrasos provocam espera de material e abrandamento de fluxo, desperdícios abordados no capítulo 2. Na Figura 31 ilustra-se a situação explicada.

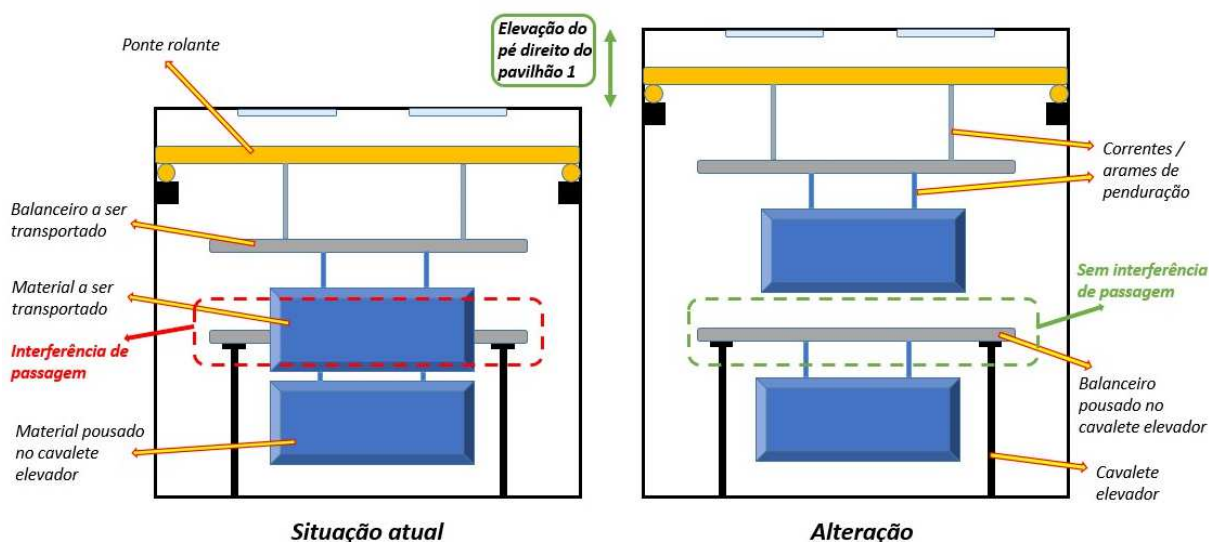


Figura 27 – Ilustração do problema suscitador da alteração 4 e sua solução

Por último, a alteração pensada para a redefinição de *layout* da Unidade de Galvanização da Metalgalva passa por uma redistribuição de material que ocupa os parques existentes para o efeito. Como se verá nas subsecções 4.2.2 e 4.3.2, a localização dos diferentes tipos de material deve ser adequada ao tipo de alteração no *layout* verificada, para que o material fique o mais próximo possível dos portões destino (no caso de material a preto) ou portões de origem (no caso de material galvanizado).

## 4.2 Proposta de solução 1 - *Layout* 1

Nesta secção apresenta-se a proposta de *layout* 1 alternativo ao *layout* atual, mostrando as alterações estruturais implícitas e de fluxo de trabalho. O *layout* 1 engloba as seguintes alterações, mencionadas na secção 4.1:

- 2 – Remoção de pilar
- 3 – Aumento do pavilhão 1
- 4 – Elevação do pé direito do pavilhão 1

As subsecções 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 analisam as mudanças organizacionais de trabalho deste *layout*, à imagem da análise efetuada para a situação atual.

### 4.2.1 *Layout* e processo

Na secção 3.2 foram apresentadas as Figuras 13 e 14, que mostram a entrada e saída de material, bem como os portões existentes na fábrica para o *layout* atual. O *layout* 1 não difere neste sentido, mas sim na resolução do problema mostrado na Figura 15 e no percurso de devolução dos *jigs*, mostrado na Figura 32.

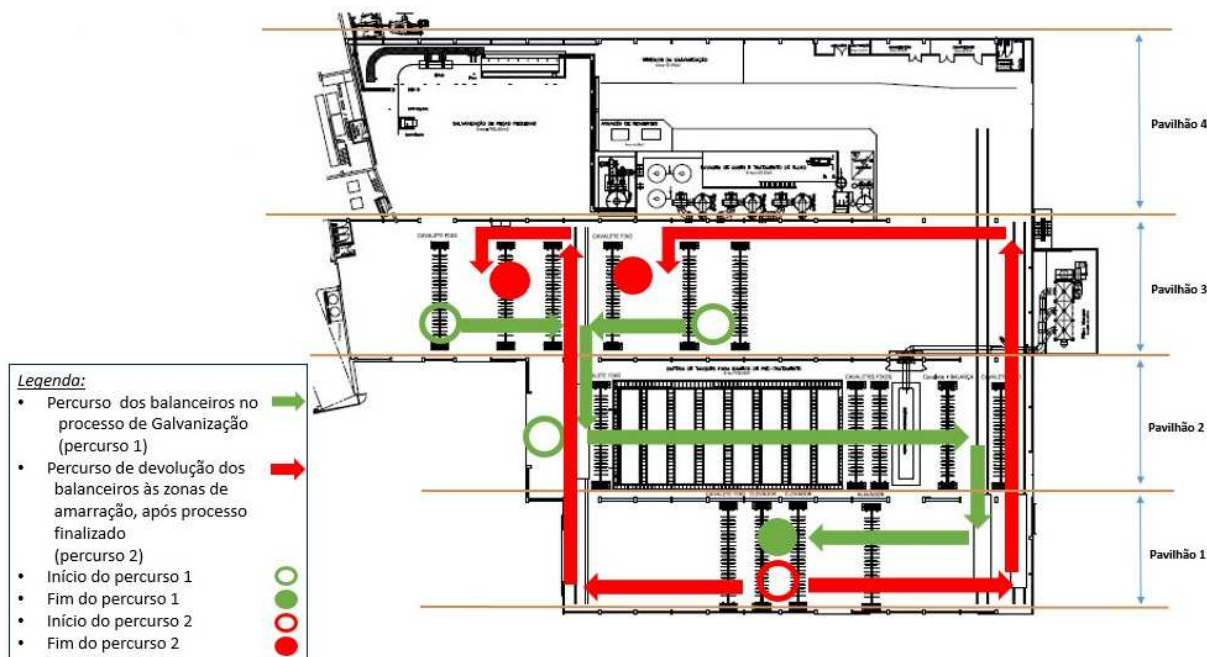


Figura 28 - *Layout* 1 da fábrica de galvanização (percurso dos *jigs*)

No *layout* atual a devolução de *jigs* depois de desprendido o material galvanizado é feita por um único canal (Figura 16) o que cria atrasos na devolução. No caso do *layout* 1 a devolução de balanceros passa a ser efetuada por dois canais, um deles o já existente e o segundo graças à alteração 3 (Figura 27) que permite a deslocação do transfere até ao pavilhão 1. Desta forma, a potencial taxa de devolução de *jigs* será até duas vezes superior. A análise comparativa da movimentação dos *jigs* nos diferentes *layouts* será feita na secção 4.4.3. Também na secção 4.4 será analisada a vantagem da remoção do pilar na zona de passagem de empilhadores.

A Figura 33 apresenta de forma detalhada as zonas de trabalho da fábrica de galvanização, para o *layout* 1.

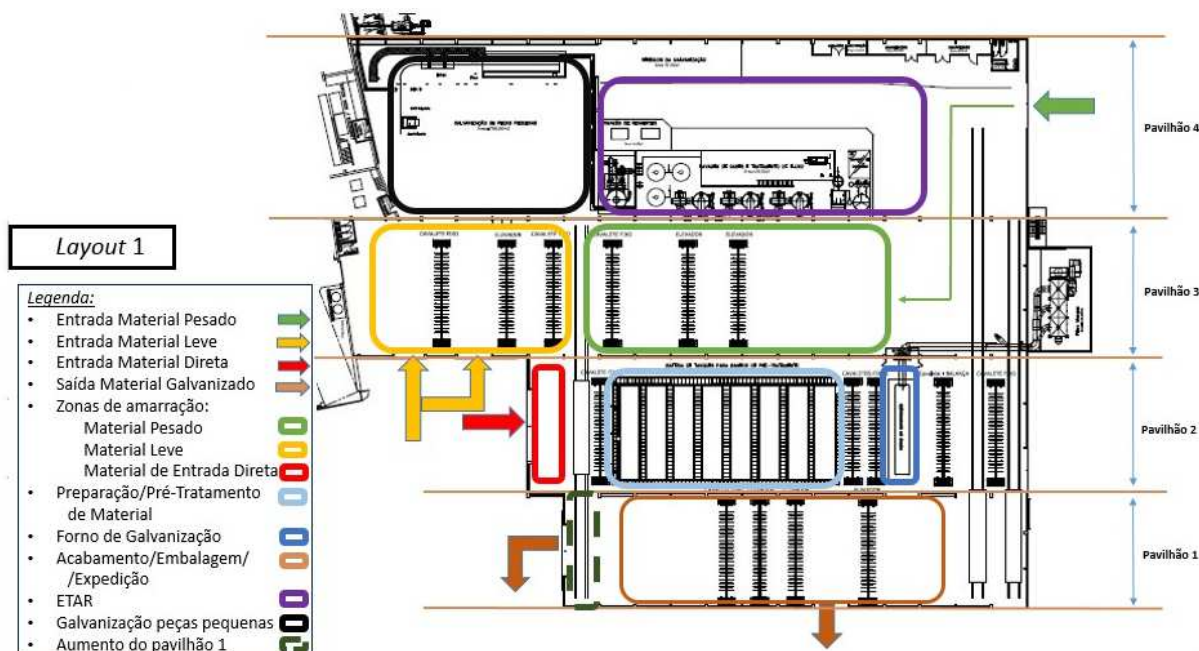


Figura 29 – *Layout* 1 da fábrica de galvanização (entrada e saída de material)

A diferença para o *layout* atual reside no aumento do pavilhão 1 e na inexistência do pilar já referido entre os pavilhões 3 e 4, facilitando a passagem evidenciada pelas setas de cor verde.

#### 4.2.2 Parques de material e percurso de empilhadores

Como foi dito na secção 3.3, o *layout* atual tem a vantagem de ter os parques de material próximos dos portões pretendidos. Esta afirmação tem fundamento no facto de o material pesado representar mais de 50% do material total, e este se encontrar alocado nos parques adjacentes ao portão G8. Cerca de 50% do material galvanizado é alocado nos parques adjacentes aos portões de saída do pavilhão 1 (Expedição) e 50% do material leve encontra-se alocado nos parques adjacentes aos portões G1 e G2, como se mostra no Anexo 2. Qualquer alteração nesta disposição aumentaria distâncias percorridas pelos empilhadores. Dado o *layout* 1 não apresentar mudanças na distribuição de zonas de trabalho dentro da fábrica, não há vantagem em redefinir a localização dos mesmos e alterar percursos dos empilhadores.

#### 4.2.3 Distâncias percorridas por empilhadores

Dado não existirem alterações na alocação de material nos parques nem mudança de percursos por parte dos empilhadores, as distâncias percorridas por estes são as mesmas verificadas no *layout* atual, analisadas na secção 3.4.



### 4.3 Proposta de solução 2 - *Layout* 2

À semelhança do que foi feito na secção 4.2, nesta secção apresenta-se a proposta de *layout* 2, também alternativo ao *layout* atual. São novamente mostradas as alterações estruturais e de fluxo de trabalho. O *layout* 2 engloba as mesmas alterações da proposta 1, com adição da alteração 5:

- 2 – Remoção de pilar
- 3 – Aumento do pavilhão 1
- 4 – Elevação do pé direito do pavilhão 1
- 5 – Troca de pavilhões 1 e 3: a zona de limpeza/acabamento/expedição é transferida para o pavilhão 3 e a zona de amarração para o pavilhão 1.

Nas subsecções 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3 são analisadas as mudanças organizacionais de trabalho deste *layout*, à imagem da análise efetuada para a situação atual e proposta de solução 1.

#### 4.3.1 *Layout* e processo

Da mesma forma que se analisou o *layout* 1 na subsecção 4.2.1, desenvolve-se agora as repercussões das alterações no *layout* 2 em termos de fluxo de trabalho. A troca de pavilhões afetos às zonas de amarração e de expedição faz com que as zonas de trabalho na fábrica de galvanização fiquem com a disposição mostrada na Figura 34.

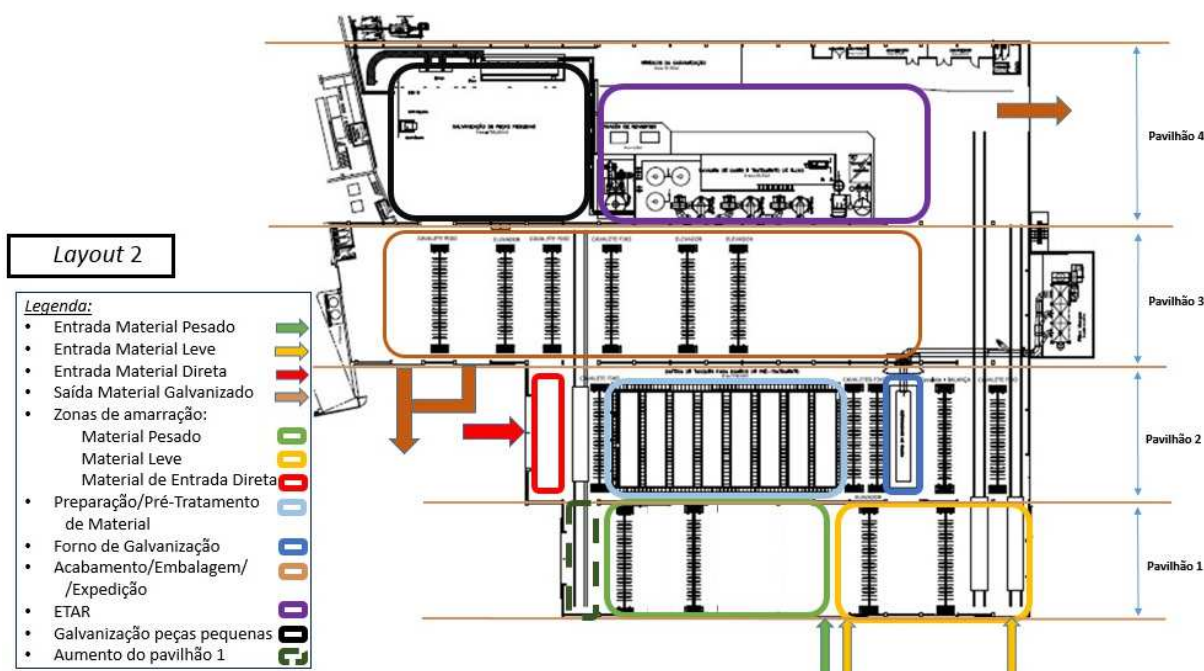


Figura 30 - *Layout* 2 da fábrica de galvanização (entrada e saída de material)

A alimentação de material a preto (pesado e leve) é feita no pavilhão 1 pelos portões G5 e G6 e o portão G3 permanece destinado à alimentação de material a preto de entrada direta. O pavilhão 3 fica destinado à zona de expedição sendo que o material galvanizado passa a ser maioritariamente expedido pelo portão G8. Os portões G1 e G2 servem também de expedição de material galvanizado.

O percurso dos *jigs* pela fábrica sofre uma reestruturação total neste *layout* 2. Na Figura 35 apresenta-se a forma como a movimentação destes se procede.

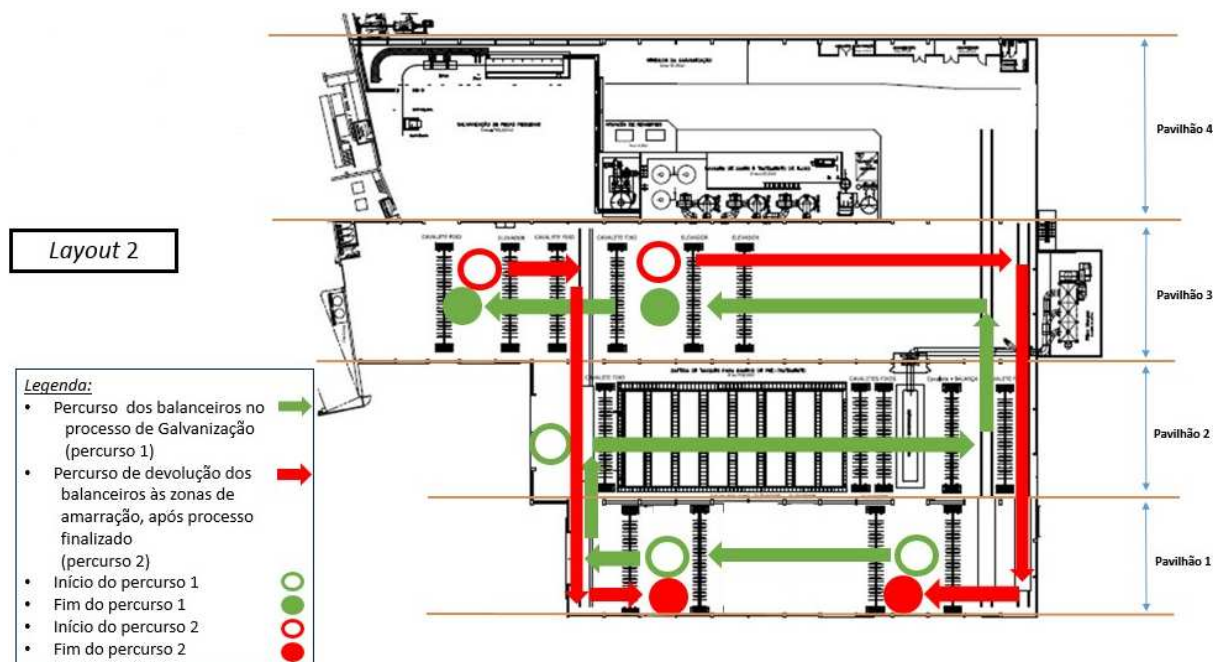


Figura 31 - *Layout* 2 da fábrica de galvanização (percurso dos *jigs*)

O percurso 1 que representa a movimentação de *jigs* carregados com material tem início no pavilhão 1, em duas zonas: a zona assinalada pela circunferência verde sem preenchimento representa a amarração de material pesado e a circunferência da direita a zona de amarração de material leve. Esta distribuição foi assim definida dado o material pesado ser de maiores dimensões e fazer sentido que fique mais próximo do transfere que o transporta para o pavilhão 2. O material de entrada direta mantém a sua zona de alimentação no pavilhão 2, junto à zona de decapagem. O fluxo de trabalho seguinte é o mesmo do *layout* atual e *layout* 1, passando pelas várias tinas da zona de decapagem de material, seguido do forno de galvanização.

Depois de galvanizado o material é transportado até ao pavilhão 3, zona de acabamento/embalagem/expedição, também distinguido em duas zonas: zona de material galvanizado interno à direita da passagem do transfere e zona de material de cliente externo galvanizado à esquerda da passagem do transfere 1.

O percurso de devolução de *jigs* à zona de amarração é feito por dois canais: transfere 1 afeto à devolução de *jigs* para amarração de material pesado e transfere 2 ou 3 para devolução de *jigs* à zona de amarração de material leve.

#### 4.3.2 Parques de material e percurso de empilhadores

Ao contrário do *layout* 1 que não sofreu alterações relativamente à distribuição de parques de material, o *layout* 2 necessita de uma redistribuição dos mesmos para que fiquem próximos dos portões de destino (material a preto) e portões de origem (material galvanizado), de tal forma que as distâncias percorridas pelos empilhadores no transporte de material sejam o mais otimizadas possível. O Anexo 3 mostra essa distribuição de parques e os percursos efetuados pelos empilhadores.

Tal como foi feito na secção 3.3, descreve-se o tipo de material que fica alocado em cada parque.

**Material leve:** este material está alocado nos seguintes parques: 2b a 20b (cliente externo); 17a, 18a (20% do parque), 24, 26, 27 e 28 (material interno). Todo o material dá entrada pelos portões G5 e G6. O portão G5 deve ser usado apenas se a passagem pelo portão G6 estiver dificultada com material pousado ou pelos transferes na posição mais próxima deste portão (Figura 1 do Anexo 3).

**Material pesado:** este material está alocado nos seguintes parques: 12a a 16a, 29 e 30 (cliente externo); 2a a 11a, 24 a 26, 27, 28, 31 e 32 (material interno). A entrada do material é feita pelo portão G5 (Figura 2 do Anexo 3).

**Material de entrada direta:** este material permanece alocado em 50% do parque 18a, pelo motivo mencionado na secção 3.3. O portão utilizado para o efeito é o G3 (Figura 3 do Anexo 3).

**Material galvanizado:** depois de galvanizado, o material é acabado, embalado e expedido pelos portões G8, G1 e G2, neste caso para os seguintes parques: 18a (30% do parque) a 23 e para os parques designados de “expedição” (Figura 4 do anexo 3).

### 4.3.3 Distâncias percorridas por empilhadores

O método de análise para determinação de distâncias percorridas pelos empilhadores (por cada viagem) no *layout* 2 é o mesmo utilizado no *layout* atual. Na Tabela 7 mostra-se como foi organizada a informação reunida.

Tabela 7 - Distribuição dos tipos de material pelos parques (*layout* 2)

Organização dos Parques na proposta 2 - <i>layout</i> 2						
Material	Origem	Área Ocupada $i$ [m <sup>2</sup> ]	Destino	Distância [m]	Aparques $i$ / A total material	
Leve Externo	Parques 2b a 20b	500,291	Portões G6	128,263	0,552	
Leve Interno	Parque 17a + 18a (20%)	362,497	Portões G6	147,713	0,400	
	Parques 24 e 26	24,815	Portões G6	132,334	0,027	
	Parques 27 e 28	18,000	Portões G6	111,665	0,020	$\Sigma = 1$
Pesado Externo	Parque 12a a 16a	721,087	Portões G5	94,594	0,413	
	Parques 29 e 30	72,000	Portões G5	99,851	0,041	
Pesado Interno	Parque 2a a 11a	752,415	Portões G5	37,193	0,431	
	Parques 24 a 26	120,430	Portões G5	132,334	0,069	
	Parques 27 e 28	18,000	Portões G5	111,665	0,010	
	Parques 31 e 32	62,500	Portões G5	70,580	0,036	$\Sigma = 1$
Entrada Direta	Parque 18a (50%)	371,897	Portão G3	266,280	1,000	$\Sigma = 1$
Material	Origem	Quantidade [ton/mês]	Destino	Distância [m]	ton $i$ / ton total	
Galvanizado	Portão G1 e G2	675,8	Parques 18a (15%) a 23	184,146	0,211	
	Portão G8	844,7	Parques 18a (15%) a 23	134,146	0,263	
	Portão G8	1689,5	Parques expedição	177,684	0,526	$\Sigma = 1$

Os valores indicados na Tabela 8 são resultado da redistribuição de parques analisada na subsecção 4.3.2, e são originadores de uma redução de distância percorrida pelos empilhadores, por viagem, tanto para o material a preto como para o material galvanizado.

A expedição de material galvanizado a partir do pavilhão 3 é efetuada por dois canais, portão G8 (material interno) e portões G1 e G2 (material externo). Esta distribuição teve em conta as áreas de trabalho disponíveis no pavilhão 3: a área de maior dimensão (zona de amarração de material pesado no *layout* atual) destina-se ao material galvanizado interno por representar aproximadamente 79% do total; a área de menor dimensão (zona de amarração de material leve no *layout* atual) destina-se ao material galvanizado de clientes externos que representa os restantes 21%.

Na Tabela 8 reúne-se a informação conclusiva de distâncias médias ponderadas por cada viagem de empilhador, bem como a percentagem de encurtamento de distância comparativamente ao *layout* atual, fruto da redefinição dos parques de material.

Tabela 8 - Distâncias médias ponderadas percorridas pelos empilhadores, por viagem (*layout* 2)

	Área i / $\Sigma$ Áreas
Área total dos parques de Material Leve (A.t.l.) [m <sup>2</sup> ]	905,603
Área total dos parques de Material Pesado (A.t.p.) [m <sup>2</sup> ]	1746,432
Área total dos parques de Material de Entrada Direta (A.t.e.d.) [m <sup>2</sup> ]	371,897
$\Sigma =$	3023,931
Quantidade total de Material Galvanizado (A.t.g.) [t/mês]	3210
Distância média ponderada percorrida pelo Material Leve [m]	135,830
Distância média ponderada percorrida pelo Material Pesado [m]	72,000
Distância média ponderada percorrida pelo Material Entrada Direta [m]	266,280
Distância média ponderada percorrida pelo Material Galvanizado [m]	167,587
Distância total média ponderada percorrida na alimentação de Material [m]	115,009 m
Encurtamento de distância face à situação atual	22,0 %
Distância total média ponderada percorrida na devolução de Material [m]	167,587 m
Encurtamento de distância face à situação atual	4,4 %

Verifica-se que a redefinição dos parques de material no *layout* 2 resulta num encurtamento de distâncias, tanto na alimentação de material como na devolução:

- Distância para alimentação (*layout* atual): 147,4 m
- Distância para alimentação (*layout* 2): 115,0 m, que representa uma redução de 22,0%
- Distância para devolução (*layout* atual): 175,4 m
- Distância para devolução (*layout* 2): 167,6 m, que representa uma redução de 4,4%

#### 4.4 Análise comparativa das propostas de solução

Esta secção analisa comparativamente o *layout* atual, *layout* 1 e *layout* 2. Pretende-se quantificar nas várias fases do processo de galvanização os desperdícios que ocorrem, que se traduzem numa percentagem de tempo perdido, tempo esse passível de ser aproveitado para aumento de produção. A análise referida é dividida em 3 campos de análise: alimentação de material; decapagem e forno; movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes. Cada um destes campos foi avaliado individualmente no sentido de se obter a percentagem de tempo perdido em cada um deles. As conclusões retiradas do campo de análise “alimentação de material” para o *layout* 1 e *layout* 2 irão servir de referência para o possível aumento de produção, pois esse índice percentual de disponibilidade de material a mais representa o limite máximo percentual desse mesmo aumento, consequência das alterações efetuadas. A linha de pensamento seguida nesta abordagem minuciosa reflete a filosofia de orientação para o *Gemba*, discutida na subsecção 2.1.3.



#### 4.4.1 Campo de análise: Alimentação de material

O material a preto (pesado, leve e de entrada direta) efetua diferentes percursos consoante o seu tipo e consoante o *layout*, como foi analisado nas secções 3.3, 3.4, 4.2 e 4.3. Na Figura 36 mostra-se os percursos de alimentação de material descriminados por etapas e respetivos tempos, que se traduzem num tempo total de uma viagem, identificado em cada secção da tabela como “t total de 1 viagem”.

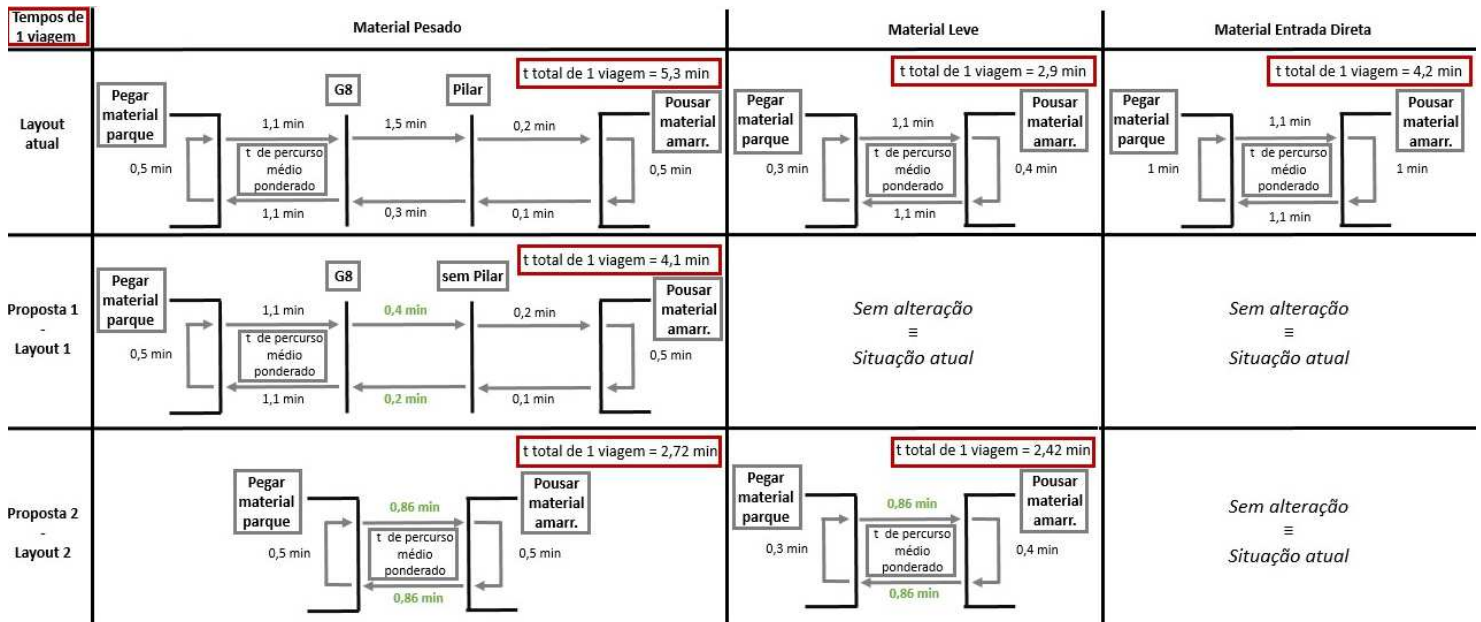


Figura 32 - Tempos de uma viagem de empilhador para alimentação de material, nos vários *layouts*

Todos os tempos foram cronometrados e resultam de uma amostra de várias medições, traduzindo-se em tempos médios utilizados para a construção esquemática dos percursos, à exceção dos tempos de percurso médio ponderados, obtidos a partir das tabelas 3 e 8, apresentadas na secção 3.4 e subsecção 4.3.3.

A forma como foi calculado o tempo de percurso médio ponderado mostra-se na Figura 37.

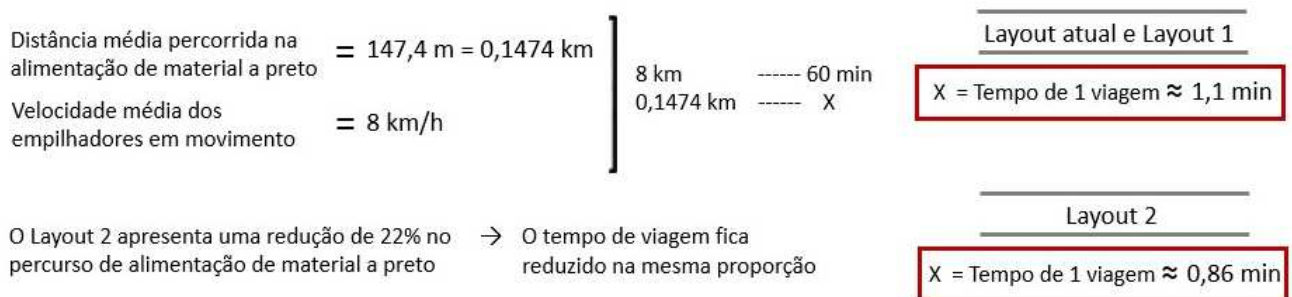


Figura 33 – Cálculo do tempo de percurso médio ponderado de uma viagem de empilhador para alimentação de material.

Para se quantificar o número de minutos por turno ganhos na alimentação de material e consequente aumento de disponibilidade de material, é necessário saber o número médio de viagens feitas pelos empilhadores na alimentação de material pesado e leve às zonas de amarração. Na Tabela 9 exemplifica-se como foi registada essa informação.

Tabela 9 - Exemplo de medição de cadência de alimentação por empilhador

Zona de amarração material pesado	9h57	10h06	10h31	10h53	11h15	11h37	12h10	12h19	
8 viagens ----- 142 min X viagens ----- 60 min	X = 3,38 viagens / h								
Zona de amarração material leve	10h02	10h22	11h12	11h24	11h34	12h01	12h09	12h21	12h30
9 viagens ----- 148 min X viagens ----- 60 min	X = 3,65 viagens / h								

Como resultado médio de medições desta mesma cadência, obteve-se os resultados mostrados na Tabela 11.

Tabela 10 - Número médio de viagens de alimentação por empilhador nas zonas de amarração

Média após medições em 5 turnos de 7,5h	Zona de amarração material pesado	X = 3,43 viagens / h
	Zona de amarração material leve	X = 3,55 viagens / h

Para o *layout* atual e *layout* 1 o percurso de alimentação de material pesado passa pelo constrangimento de movimentação identificado, motivador da alteração 2 (remoção de pilar). Neste percurso foi esquematizada a divisão do percurso de alimentação em 3 fases (viagem do parque até à fábrica; percurso entre o portão G8 e o pilar; percurso do pilar até à zona de alocação de material na zona de amarração) porque as alterações propostas têm consequências de redução temporal individuais em cada fase e não faria portanto sentido tratar deste percurso como um todo. Os restantes percursos foram simplificados neste aspeto pois não apresentam esta particularidade, sendo possível esquematizá-los apenas em tempo de percurso e tempo que os empilhadores demoram a pegar/pousar material.

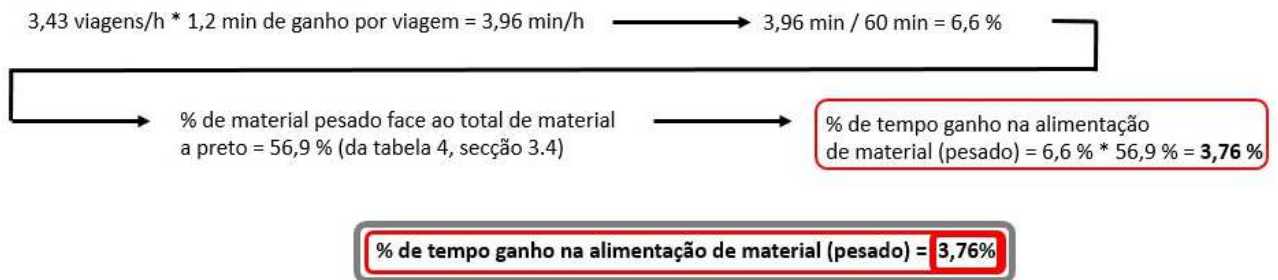
### Layout 1:

Este *layout* não apresenta diferenças no percurso do material leve e de entrada direta. A diferença reside na alimentação de material pesado pois este percurso engloba a passagem entre o portão G8 e o pilar a ser removido. Esta remoção representa uma facilitação na passagem de material que se traduz numa redução de 1,5 min para 0,4 min.

O transporte de material pesado, como vigas de grande comprimento ou qualquer outra peça que tenha mais de 5 m (distância entre todos os pilares da fábrica de galvanização), é dificultado nesta secção do percurso que obriga a que o empilhador faça manobras para conseguir passar neste estreitamento. Estas manobras fazem com que o tempo médio desta passagem seja de 1,5 min. O tempo médio que um empilhador demora a fazer o transporte de uma peça de menores dimensões (que não obrigue a manobras) é de 0,4 min. Admite-se portanto que a remoção do pilar faz com que qualquer transporte de material pesado demore 0,4 min a percorrer a secção em questão.

O *layout* 1 vê assim o tempo de viagem de empilhador para alimentação de material pesado passar de 5,3 min para 4,1 min. Representa um ganho de 1,2 min por viagem.

Conforme analisado na Tabela 11, o número médio de viagens por empilhador para alimentação de material pesado é de 3,43 viagens/h. O cálculo da percentagem temporal economizada no *layout* 1 é:



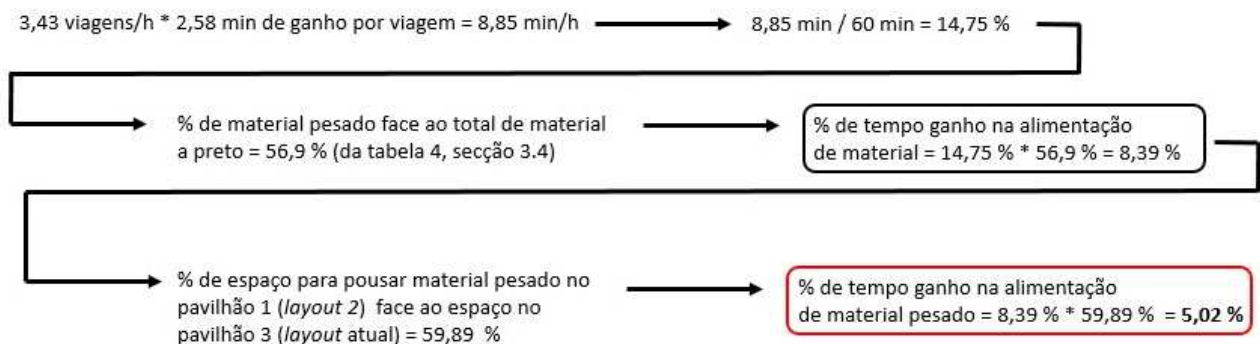
Os **3,76%** representam, para o *layout* 1, o possível aumento de produção num campo de análise que englobe a alimentação de material.

### Layout 2:

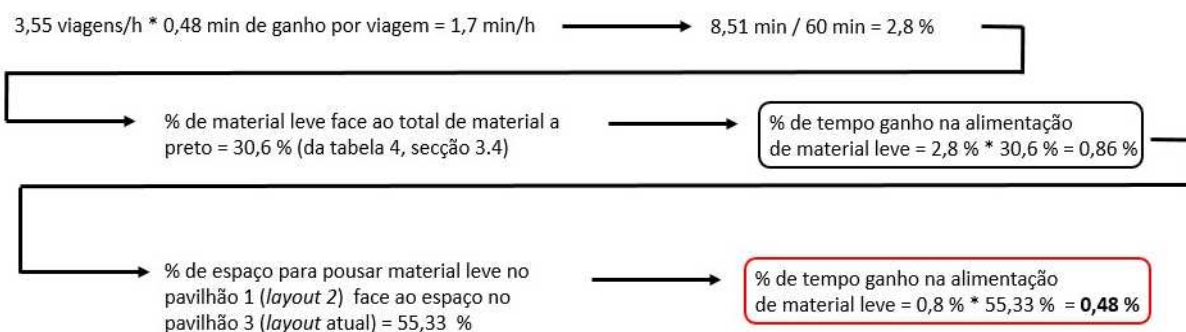
Este *layout* não apresenta diferenças no percurso de material de entrada direta, mas sim no percurso do material pesado e leve. Como visto na secção 4.3, estes materiais dão entrada pelo pavilhão 1. O percurso dificultado de alimentação de material pesado pelo pavilhão 2 e 3 já não se verifica, o que faz com que este material esteja disponível mais rapidamente, traduzido num tempo de 2,72 min por viagem, como se verifica na Figura 36. O tempo de alimentação de material leve por viagem também foi reduzido para 2,42 min. Assim, os ganhos temporais por viagem traduzem-se em 2,58 min para o material pesado e 0,48 min para o material leve. Ambos percursos são ilustrados em 3 fases: pegar material, tempo de percurso médio ponderado e pousar material.

À imagem da análise feita no *layout* 1, calcula-se desta vez a percentagem temporal economizada abrangendo a alimentação de material pesado e leve.

Para o material pesado:



E para o material leve:



Tanto para o material pesado como para o leve o *layout* 2 implica uma redução das áreas de amarração, devido à troca de zonas de trabalho nos pavilhões. Essa percentagem de redução

de áreas foi encontrada pela sua medição através do *software AutoCAD 2013* e indicada nos cálculos efetuados. No *layout* atual as zonas de amarração de material leve e pesado têm áreas de 136,91m<sup>2</sup> e 187,84m<sup>2</sup>, respetivamente. Relativamente ao *layout* 2, essas áreas são reduzidas para 75,75m<sup>2</sup> e 112,50m<sup>2</sup>, respetivamente. Esta redução foi tomada em consideração no aumento de produção perspectivado pois condiciona diretamente a quantidade de material possível transportar para as zonas de amarração. Assim, conclui-se:

$$\% \text{ de tempo ganho na alimentação de material (leve + pesado)} = 0,48 \% + 5,02 \% = 5,5\%$$

Os 5,5% representam, para o *layout* 2, o possível aumento de produção num campo de análise que englobe a alimentação de material.

#### 4.4.2 Campo de análise: Decapagem e Forno

Este campo de análise engloba o forno de galvanização e as tinas de decapagem constituídas pelo desengordurante, ácidos, água de lavagem e FLUX (fluxagem). Pretende-se descobrir a percentagem de tempo sem utilização em todos estes elementos. Na Tabela 11 mostra-se como foi organizada a informação obtida.

Tabela 11 - Tempos médios por turno de trabalho

Tempos médios por turno de trabalho (7,5h)	Tinas de decapagem								
	Desengordurante		Ácido				Água	FLUX	Forno de * Galvanização
	1	2	3	4	5	6	7	8	
tempo total (min)	450	450	450	450	450	450	450	450	450
tempo útil (min)	410	441	439	437	436	437	75	169	409,5
tempo desperdiçado (min)	30	9	11	13	14	13	375	281	40,5
% tempo desperdiçado	6,67%	2%	2,44%	2,89%	2,22%	2,89%	83,3%	62,4%	9%
Média = 2,22 %				Média = 2,66 %					

\* Fase com mostra de método de medição e obtenção de resultados, a título de exemplo

\* Fase com mostra de método de medição e obtenção de resultados, a título de exemplo

A forma como foram obtidos os valores médios de tempo sem utilização (desperdícios) é exemplificada na Tabela 12 e na explicação que a apoia.



Tabela 12 - Exemplo de medição tempos de *jigs* no forno de galvanização

Hora de saída do forno	14h57	15h08	15h24	15h35	15h43	15h54	16h08	16h22	16h37	16h54
tempo desperdiçado (min)	3	1	3	1	2	6	3	3	1	1
Hora de entrada no forno	15h00	15h09	15h27	15h36	15h45	16h00	16h11	16h25	16h38	16h55

Da Tabela 13 nota-se que é possível que a sequência de balanceiros no forno de galvanização tenha um intervalo de 1 min. Isto não acontece sempre pois o material não está sempre disponível ao ritmo desejado, devido às perdas de tempo nas várias fases do processo que antecedem esta. As pontes rolantes que transportam os *jigs* são controladas manualmente e exigem um tempo (intervalo mínimo) de manuseamento. Admitindo que esse intervalo mínimo entre a saída de um *jig* com material galvanizado e entrada de um novo *jig* com material a preto é o referido 1 min, neste espaço de tempo analisado (14h57 até 16h54) foram desperdiçados num período de análise de 117 min:

$$\sum \text{tempo desperdiçado} - n^{\circ} \text{balanceiros} * 1 \text{ min} = 24 - 10 * 1 = 14 \text{ min}$$

Esses 14 min representam aproximadamente 7 min/h desperdiçados, ou seja 11,7% do tempo de funcionamento.

Este tipo de análise foi aplicada, além do forno de galvanização, a todas as tinas de decapagem, para vários turnos de 7,5h, o que permitiu obter os resultados de valores médios mostrados na Tabela 12. De referir que os tempos médios nos ácidos foram agrupados em dois valores médios: tinas 2 e 3 (ácidos fracos) e tinas 4, 5 e 6 (ácidos fortes). Nem todo o material necessita de passar pelos ácidos fracos, estes são normalmente destinados a material que necessita de deszincagem ou de uma pré-decapagem dada a contaminação superficial. Desta forma evita-se a contaminação dos ácidos fortes, de qualidade superior (menos contaminados, ou seja, mais puros). Contudo, para efeitos de cálculo, assume-se o pior dos casos que passa pela necessidade de as tinas 2 e 3 serem de passagem obrigatória, para que não exista sobrestimação de produção. Os tempos registados passíveis de aproveitamento representam os minutos que as tinas estão disponíveis mas que não são utilizadas por falta de material amarrado. Não se contabiliza os minutos de disponibilidade das tinas com material amarrado em espera, pronto a decapar, pois esta situação significa que a tina disponível não é a indicada para esse material, e o aumento de disponibilidade de material não modificaria esse fator.

Da análise da Tabela 12 conclui-se que a menor percentagem de tempo desperdiçado ocorre nas tinas de ácido fraco, e tem o valor médio de **2,22%**. Este é, portanto, o valor máximo possível de aumento de produção, num campo de análise que englobe as tinas de decapagem e o forno de galvanização.

#### 4.4.3 Campo de análise: Movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes

Os campos de análise anteriores quantificaram uma percentagem temporal de aproveitamento. Pretende-se aqui avaliar de forma qualitativa a movimentação dos *jigs* pelas pontes rolantes nos *layouts* em questão. Esta movimentação está implícita no percurso de *jigs* do *layout* atual (Figura 16), *layout* 1 (Figura 32) e *layout* 2 (Figura 35). A qualidade das movimentações será tanto maior quanto menor o número de cruzamentos de percursos 1 e 2 dos *jigs*, identificados nas figuras. Tanto o *layout* atual como o *layout* 1 praticamente não implicam cruzamento de

percursos dos *jigs* o que se traduz num fluxo simples e limpo. Por sua vez, o *layout 2* implica um elevado número de cruzamento de percursos 1 e 2 dos *jigs*, identificados na Figura 35, que se traduz num obstáculo à fluidez de movimento das pontes rolantes e consequentemente dos *jigs*, e um inevitável abrandamento de fluxo.

Assim, verifica-se que, num campo de análise que englobe a movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes, o fluxo fabril é mais facilitado num *layout* que implique o mínimo cruzamento entre percursos de alimentação e de devolução de *jigs* e, portanto, a escolha recai sobre o *layout 1*.

#### 4.4.4 Aumento de produção possível reunindo todos os campos de análise

O possível aumento de produção reúne os valores conclusivos de todos os campos de análise para que se possa tirar conclusões dos mesmos, para o *layout 1* e *layout 2*. A Tabela 13 mostra essa informação.

Tabela 13 - Aumento de produção perspectivado para proposta 1 e proposta 2

Campo de análise				
	Alimentação de material	Decapagem e forno	Movimentação de <i>jigs</i>	Aumento possível de produção
Aumento possível de produção condicionado pelo campo de análise, na proposta 1 ( <i>layout 1</i> )	3,76%	2,22%	+ facilitada	2,22 %
Aumento possível de produção condicionado pelo campo de análise, na proposta 2 ( <i>layout 2</i> )	5,5%	2,22%	+ dificultada	2,22 %
				Proposta 1
				Proposta 2

O aumento possível de produção em cada proposta é, naturalmente, o valor percentual mais baixo dos campos de análise dado esse ser o *bottleneck* neste contexto. As percentagens indicadas na tabela representam, para a alimentação de material, a quantidade de tempo ganho, por turno, que se traduz num aumento de disponibilidade de material a preto para amarração. Por sua vez, as percentagens relativas à decapagem e forno de galvanização, traduzem a quantidade de tempo desperdiçado, por turno, passível de ser aproveitado para aumento de produção devido ao aumento de disponibilidade de material. Essa percentagem é igual nos *layouts 1* e *2* pois é uma zona de processo ambígua. Conclui-se que tanto a proposta 1 como a proposta 2 apresentam um aumento de produção perspectivado de **2,22%**.

A decisão de opção entre uma das propostas incide portanto sobre aspetos qualitativos, como a movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes. Como foi analisado na subsecção 4.4.3, a facilidade de transporte dos *jigs* sem cruzamento de fluxos de alimentação e devolução dos mesmos é maior no *layout 1*.

## 4.5 Análise económica das propostas

A análise económica das propostas 1 e 2 é igual para ambas, qualitativamente, dado se verificar em ambas o mesmo aumento perspectivado de produção, como se verificou na secção 4.4. Esta análise, ao contrário do que foi estudado na secção 2.2, pode ser simplificada para uma comparação entre custos e ganhos de modo a saber-se em quanto tempo o investimento é recuperado pelo aumento de faturação gerado. A empresa não tem a necessidade de investimentos externos para que sejam aplicadas as alterações sugeridas, nem esse investimento se aproxima do lucro anual médio da Unidade de Galvanização, que é aproximadamente 2.137.595€ (10.423.133€ - 8.285.538€), como foi visto na secção 3.7.

O investimento necessário para que as alterações sejam efetuadas é dividido em duas partes: a alteração 2 (remoção do pilar) tem um custo de 6.600€. Este valor representa o custo de construção civil de remoção do pilar e colocação da viga reforçada. O custo da viga não é contabilizado pois esta é produzida pela Metalgalva e assume-se como já existente. O custo da obra foi retirado de um orçamento de uma obra equivalente que se realizou anteriormente na Metalgalva 2 (Unidade de Produção); Relativamente às alterações 3 e 4 (aumento e elevação do pé direito do pavilhão 1), foi pedido um orçamento para as obras necessárias à empresa de projetos de engenharia civil e obras de construção civil Garcia, Garcia S.A. O custo das duas alterações é de 129.700€ e encontra-se discriminado no Anexo 8. A totalidade do investimento é, portanto, 136.300€.

No Anexo 7 analisa-se a viabilidade deste investimento. Nesta fase não é de fácil abordagem definir uma percentagem certa de perda produção consequência das obras pretendidas. Esta percentagem é reflexo de uma paragem ou abrandamento de produção dado as instalações da fábrica ficarem condicionadas nessa fase. Por este motivo, criou-se o gráfico “valor temporal de retorno de investimento vs. % de perda de produção”. Este gráfico mostra em quantos anos o investimento é coberto pela faturação extra proveniente do aumento de produção. Essa faturação extra é aproximadamente obtida pelo aumento de produção de 2,22%:  $10.423.133€ \times 2,22\% = 231.393€$ . Se a produção não for afetada pelas alterações, o investimento é recuperado em 0,56 anos. Por outro lado, se a produção ficar afetada em 5% do valor anual, o investimento só é recuperado ao fim de 2,84 anos, por exemplo. A forma como os valores temporais de retorno de investimento foram calculados encontram-se exemplificados também no Anexo 7.

Relativamente aos custos, é legítimo assumir que estes se manterão dado não existir aumento de consumo de matéria-prima (zinco no forno de galvanização e ácidos nas tinas de decapagem). O gás utilizado para aquecimento do forno e tinas é o mesmo dado a fábrica operar 24h/dia e o número de trabalhadores será também o mesmo pois os valores percentuais de otimização analisados não justificam um incremento dos mesmos.

## 5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

Este projeto possibilitou a aplicação prática de conhecimentos e técnicas adquiridas ao longo do período de formação académica. Do ponto de vista da empresa, tanto elementos da parte organizacional como trabalhadores da fábrica estiveram direta ou indiretamente envolvidos.

O estudo minucioso de todo o processo que abrangeu a alimentação e devolução de material, bem como o fluxo laboral no interior da fábrica de galvanização, permitiu identificar desperdícios de tempo nas tinas de decapagem e forno de galvanização e desperdícios de movimentação de material. Desta forma, encontraram-se soluções capazes de otimizar as demais fases do processo global, tendo por base os conceitos retidos do estudo das filosofias e metodologias *Kaizen*, *Lean* e *OSCM*.

A otimização dos percursos dos empilhadores, alterações estruturais na fábrica e alterações organizacionais em termos de fluxo de trabalho permitem obter uma disponibilidade de material 3,76% maior na proposta 1 e 5,5% maior na proposta 2. Esta maior disponibilidade de material faz com que o tempo inutilizado tanto no forno de galvanização (9%) como nas tinas de decapagem (2,2%) possa ser aproveitado para um aumento de produção. O aumento perspetivado de produção é necessariamente 2,2% para ambos os *layouts* propostos, pois esta percentagem representa o *bottleneck* neste contexto, não sendo possível um incremento de material galvanizado superior a este valor. Esta percentagem traduz-se num aumento de faturação anual de 231.393€.

A análise económica efetuada permitiu tirar conclusões relativamente ao estudo efetuado. Para as alterações estruturais na fábrica são necessárias obras de construção civil no valor de 136.300€. Este investimento pode ser recuperado com maior ou menor rapidez dependendo da forma como a produção é afetada negativamente, consequência das limitações no decorrer das obras. O período de retorno de investimento nunca é inferior a 0,56 anos, situação ideal na qual não ocorre diminuição de produção.

A seleção da proposta deve não só ter em conta fatores quantitativos, mas também fatores qualitativos. A proposta 2, apesar de apresentar um índice de disponibilidade de material superior, implica mudança na distribuição de parques, mudança de zonas de trabalho de amarração e de expedição (troca entre os pavilhões 1 e 3), mudanças que nem sempre são de fácil execução. A proposta 1 apresenta um *layout* sem mudanças deste tipo e com uma movimentação de *jigs* pelas pontes rolantes mais facilitado, dado o cruzamento de fluxos de alimentação e devolução de *jigs* ser bastante inferior ao existente no *layout* 2.

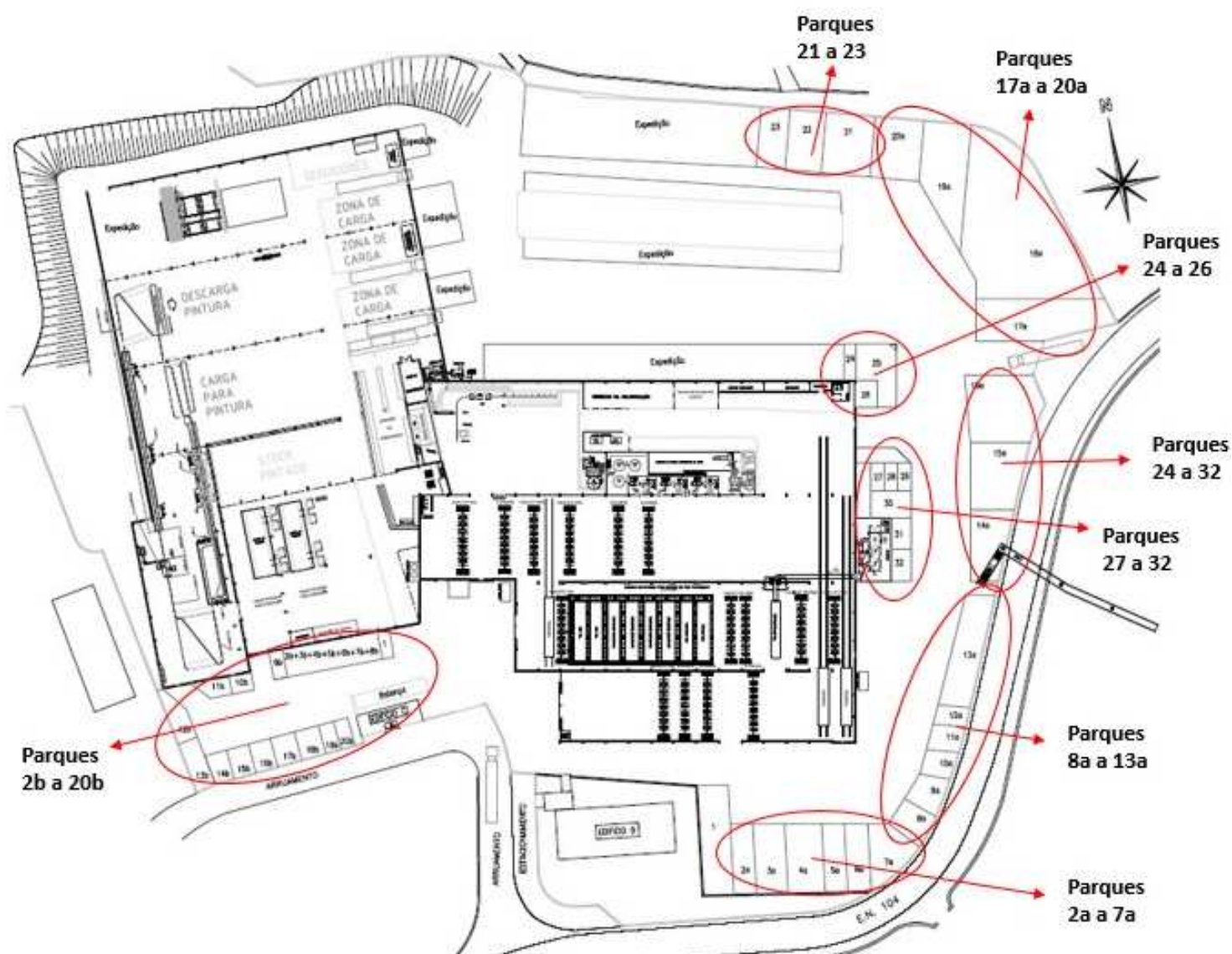
Por fim, sugere-se que no futuro seja estimada a quebra de produção aquando da implementação de uma das propostas para avaliar o tempo de recuperação do investimento necessário para as propostas estudadas.

A Unidade de Galvanização da Metalgalva deve continuar a procurar eliminar qualquer tipo de desperdício e os seus trabalhadores tirarem o máximo partido das melhorias perspetivadas neste estudo para que se consiga atingir os objetivos pretendidos.

## Referências

- Association, American Galvanizers. *What is Hot-Dip Galvanizing*. 7 de Maio de 2015. <http://archive.galvanizeit.org/sd-seminar/what-is-hot-dip-galvanizing>.
- Barros, Carlos. *Decisões de Investimento e Financiamento de Projetos*. Lisboa: Edições Sílabo, 1995.
- Coimbra, Euclides A. *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Zug: Kaizen Institute, 2009.
- Comission, European. *Integrated Pollution Prevention and Control - Best Aavailable Techniques in the Ferrous Metals Processing*. 2001.
- International, Standish Group. "IT project survey." *PM Network* (PM Network), 2000.
- Jacobs, F. Robert, e Richard B. Chase. *Operations and Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill, 2011.
- Lopes, Maria D. S. *Elaboração e Análise de Projetos de Investimento*. Porto: FEUP edições, 2012.
- Mao, Janus C. T. *Quantitative Analysis of Financial Decisions*. New York: MacMillan, 1969.
- Marques, Albertino. *Concepção e Análise de Projetos de Investimento*. Lisboa: Edições Sílabo , 1998.
- Roberge, Pierre R. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw Hill, 2000.
- Soares, João O. et al. *Avaliação de Projectos de Investimentos na Óptica Empresarial*. Lisboa: Edições Sílabo, 1999.

## Anexo 1 - Planta Metalgalva 1 (identificação de parques)



## Anexo 2 - Parques de Material (*layout* atual $\equiv$ *layout* 1)

### Planta Global Metalgalva 1

Parques e percurso dos  
empilhadores para Material Leve

**Layout Atual**

#### Legenda:

- Parques de Material Leve
- Percurso de Material Leve
- Início de percurso
- Final de percurso

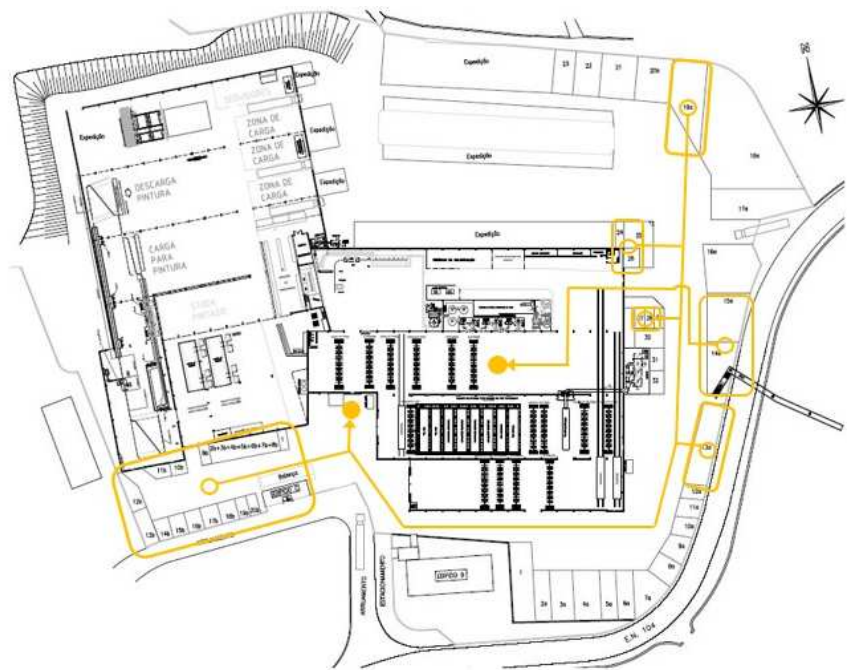


Figura 1 – Material Leve



**Planta Global Metalogalva 1**

Parques e percurso dos empilhadores para Material Pesado

**Layout Atual**

- Legenda:**
- Parques de Material Pesado
  - Percurso de Material Pesado
  - Início de percurso
  - Final de percurso

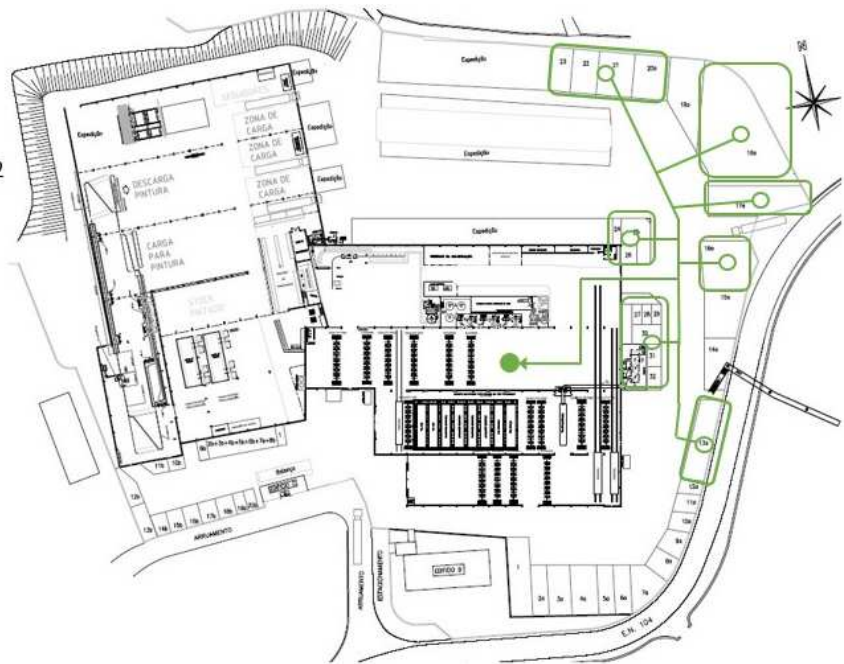


Figura 2 – Material Pesado

**Planta Global Metalogalva 1**

Parques e percurso dos empilhadores para Material de Entrada Direta

**Layout Atual**

- Legenda:**
- Parques de Material Direto
  - Percurso de Material Direto
  - Início de percurso
  - Final de percurso

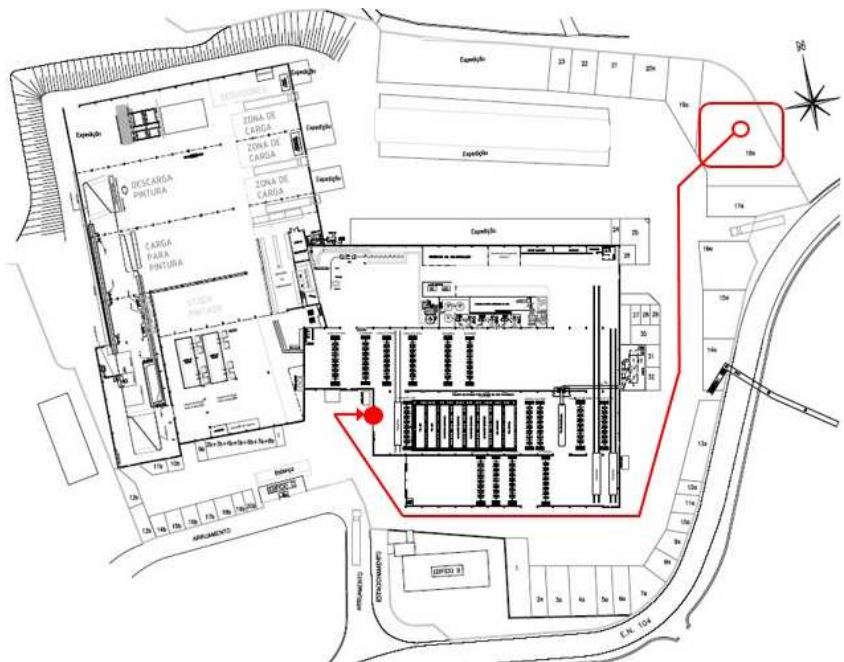


Figura 3 – Material de Entrada Direta







**Planta Global Metalogalva 1**

Parques e percurso dos  
empilhadores para Material  
Galvanizado

**Layout Atual**

**Legenda:**

- Parques de Material Galv. 
- Percurso de Material Galv. 
- Início de percurso 
- Final de percurso 

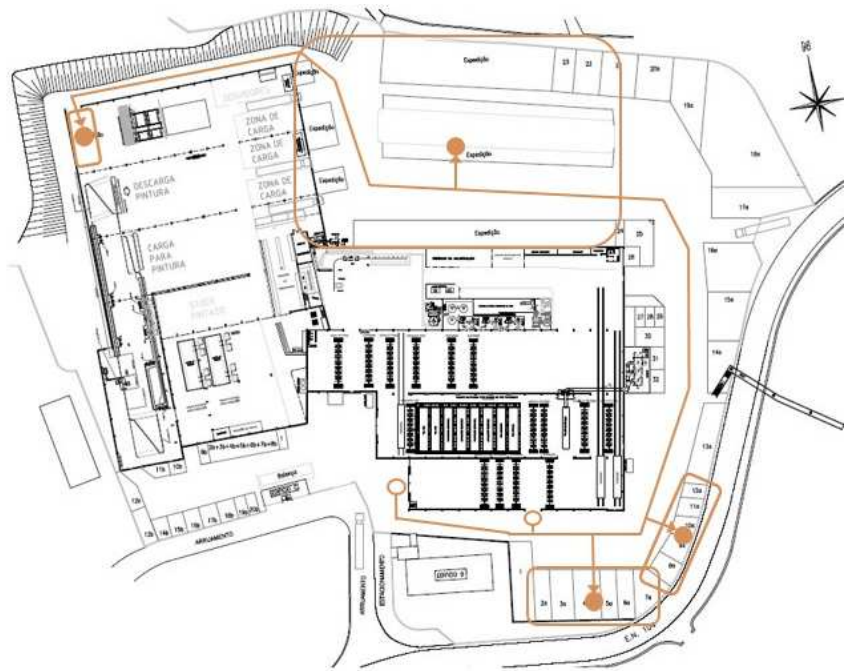


Figura 4 – Material Galvanizado

## Anexo 3 - Parques de Material (*layout 2*)

### *Planta Global Metalogalva 1*

Parques e percurso dos empilhadores para Material Leve

**Layout 2**

**Legenda:**

- Parques de Material Leve
- Percurso de Material Leve
- Início de percurso
- Final de percurso

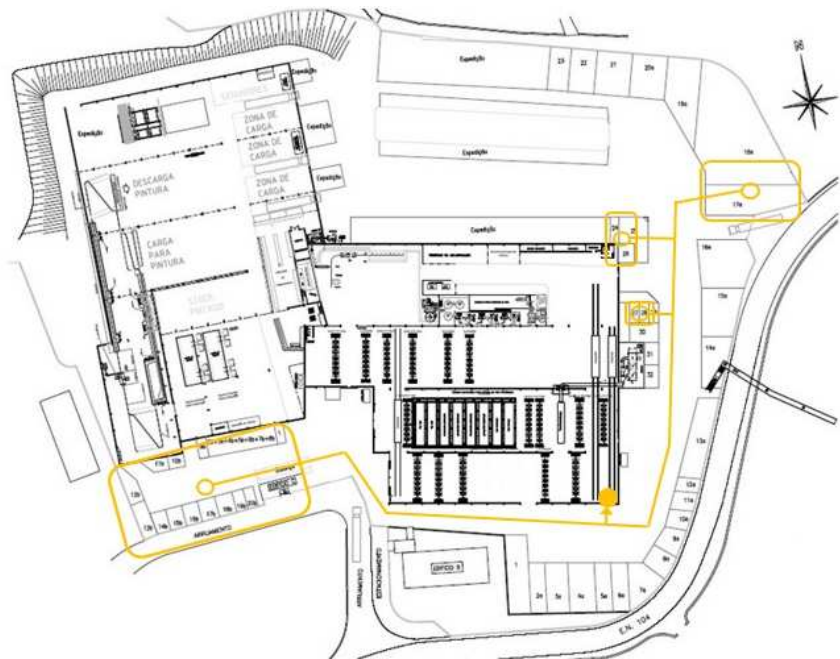


Figura 1 – Material Leve

### *Planta Global Metalogalva 1*

Parques e percurso dos empilhadores para Material Pesado

**Layout 2**

**Legenda:**

- Parques de Material Pesado
- Percurso de Material Pesado
- Início de percurso
- Final de percurso

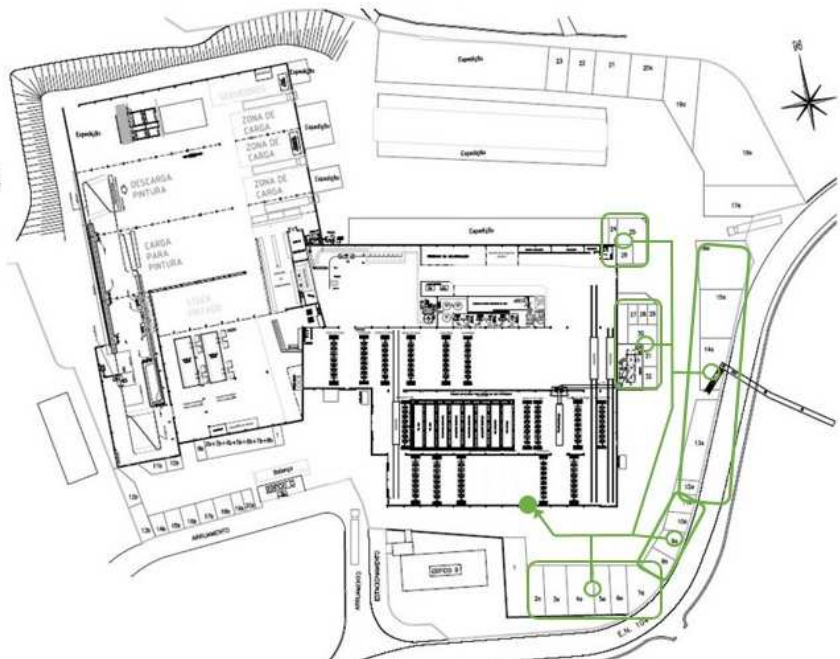


Figura 2 – Material Pesado

**Planta Global Metalogalva 1**

Parques e percurso dos empilhadores para Material de Entrada Direta

Layout 2

- Legenda:**
- Parques de Material Direto
  - Percurso de Material Direto
  - Início de percurso
  - Final de percurso

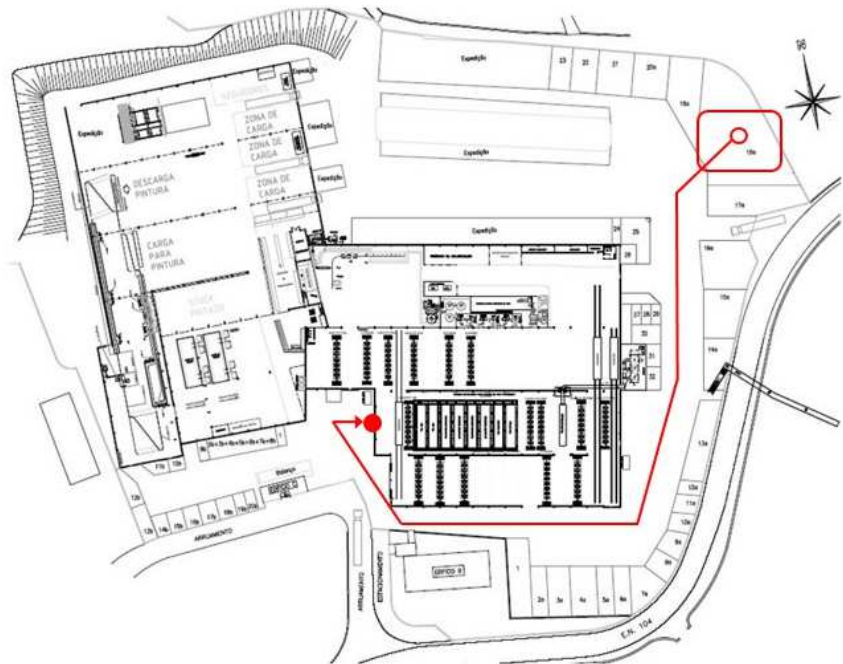


Figura 3 – Material de Entrada Direta

**Planta Global Metalogalva 1**

Parques e percurso dos empilhadores para Material Galvanizado

Layout 2

- Legenda:**
- Parques de Material Galv.
  - Percurso de Material Galv.
  - Início de percurso
  - Final de percurso

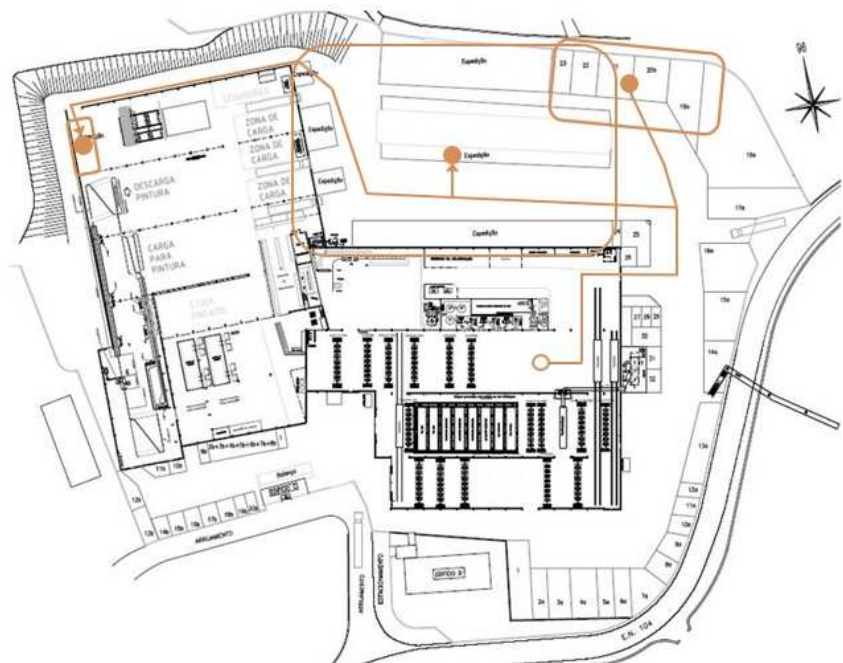


Figura 4 – Material Galvanizado



## Anexo 4 - Estruturas e equipamentos na fábrica

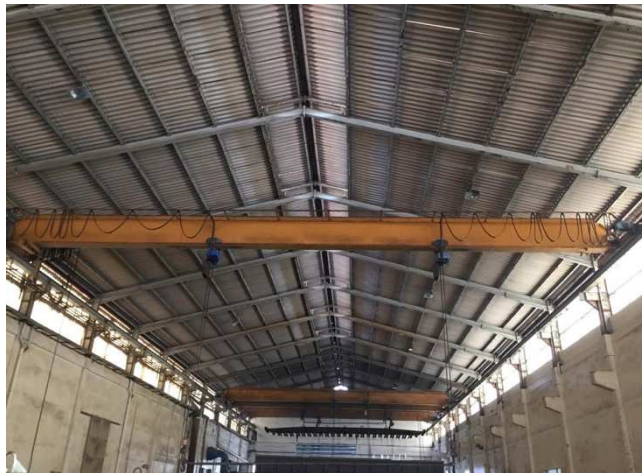


Figura 1 – Pontes rolantes



Figura 2 – Transfere



Figura 3 – *Jig* com material leve pendurado



Figura 4 – Cavalete fixo



Figura 5 – Cavalete elevador

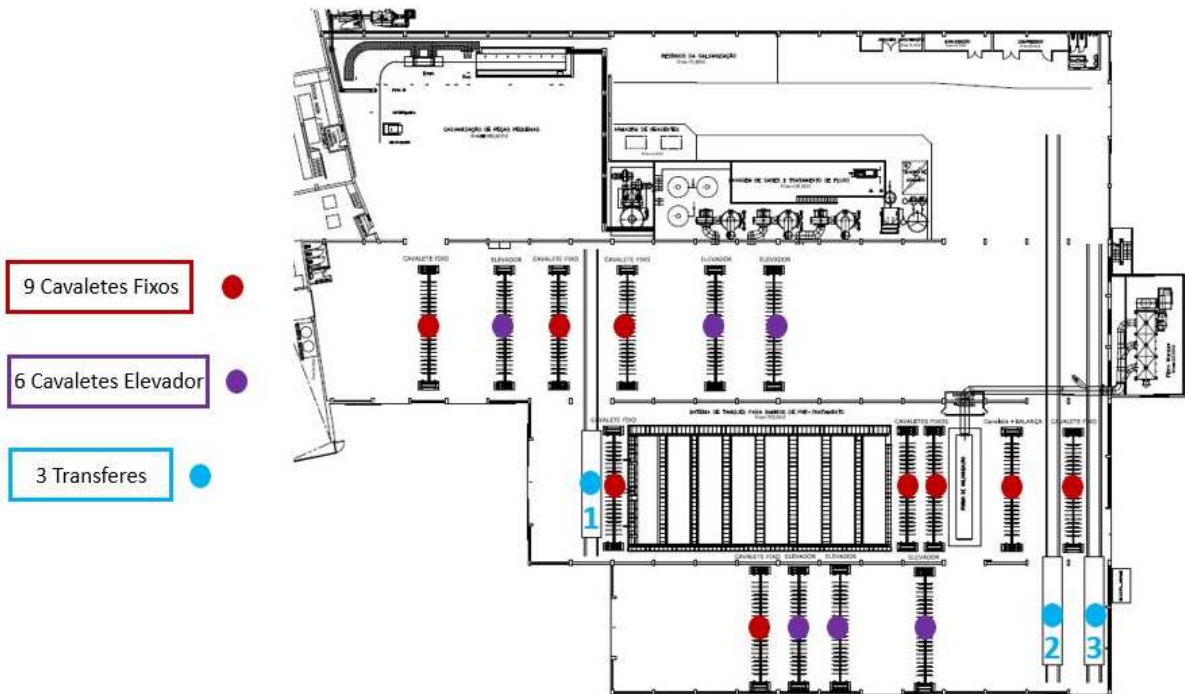


Figura 6 – Disposição dos cavaletes e transferes na fábrica de galvanização



## Anexo 5 - Zonas do processo global de galvanização



Figura 1 – Parque de material



Figura 2 – Zona de amarração de material leve



Figura 3 – Zona de amarração de material pesado

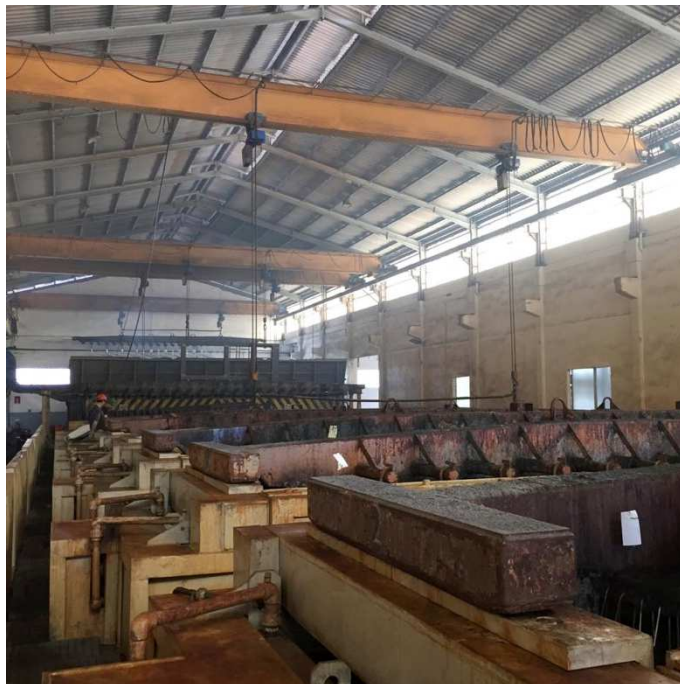


Figura 4 – Tinas de decapagem





Figura 5 – Forno de galvanização

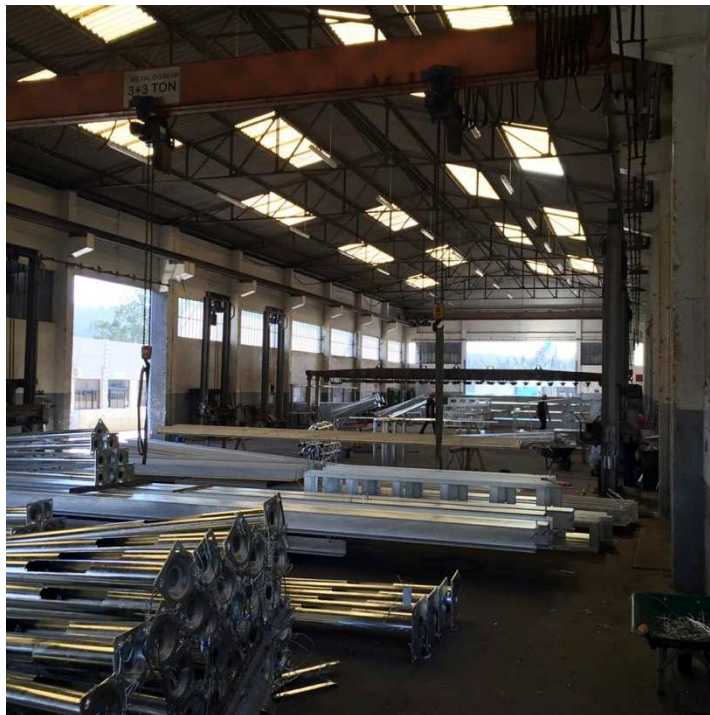
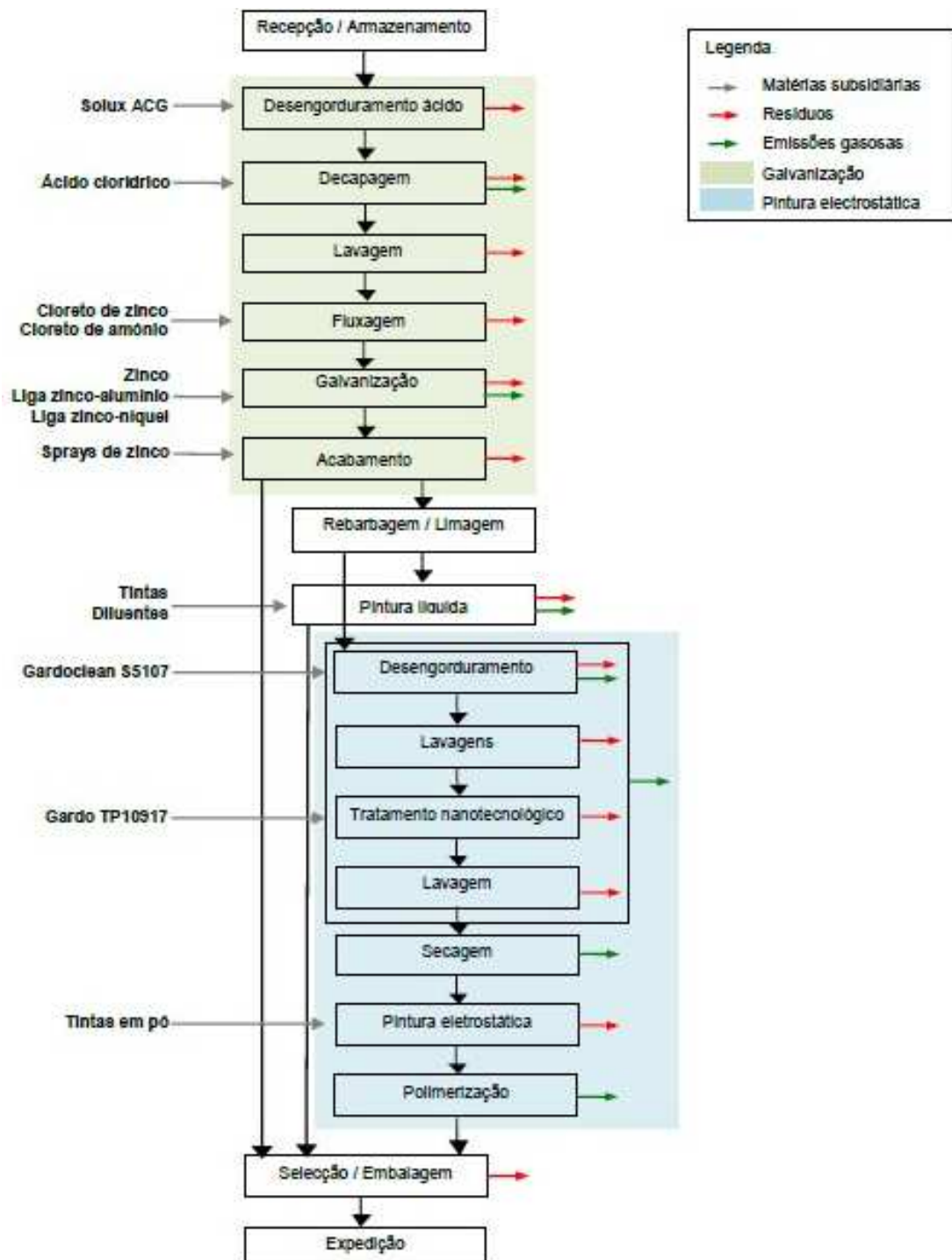


Figura 6 – Zona de acabamento, embalagem e expedição de material galvanizado

## Anexo 6 - Fluxograma do processo de galvanização



## Anexo 7 - Análise económica das propostas

Faturação anual extra consequência do aumento de produção	231.393,55 €
Investimento para alterações propostas	136.300,00 €
Custo de paragem/abrandamento de produção	?

<b>Valores Metalgalva 1</b>	
Faturação anual atual	10.423.133 €
Custos anuais atuais	8.423.133 €

Retorno do investimento (sem paragem/abrandamento de produção)	0,59 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 1% face ao total anual)	1,04 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 2% face ao total anual)	1,49 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 3% face ao total anual)	1,94 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 4% face ao total anual)	2,39 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 5% face ao total anual)	2,84 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 6% face ao total anual)	3,29 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 7% face ao total anual)	3,74 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 8% face ao total anual)	4,19 anos
---	-----------

Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 7% face ao total anual)	4,64 anos
---	-----------

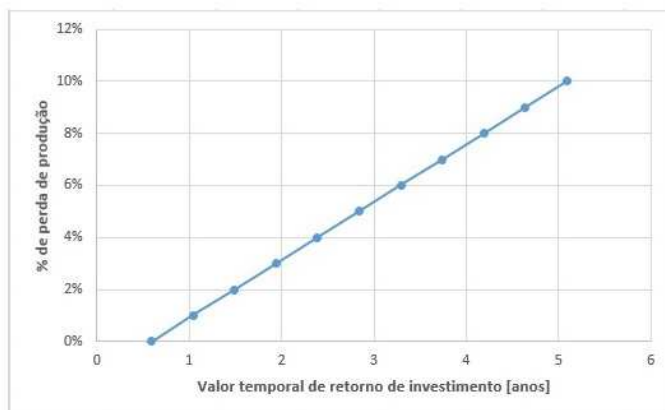
Retorno do investimento (com paragem/abrandamento de produção de 8% face ao total anual)	5,09 anos
---	-----------

### Retorno do investimento *i*

$$= \frac{\text{investim. para alterações propostas} + \text{faturação anual atual} * \% i \text{ de quebra produção}}{\text{faturação extra consequência do aumento de produção}}$$

Exemplo para quebra de 3% de produção:

$$\text{Retorno do investimento } (i = 3\%) = \frac{136.300 + 10.423.133 * 3\%}{231.393} = 1,94 \text{ anos}$$



## Anexo 8 - Orçamento de obras das alterações 3 e 4

Conforme combinado, segue abaixo a estimativa orçamental para a alteração do pavilhão.

### NAVE 1 (1070m<sup>2</sup>)

Estaleiro – 10.500€

Remoção de fibrocimento – 7.700€

Estrutura de betão no acréscimo, incluindo paredes – 6.500€

Estrutura metálica – 47.500€

Cobertura em painel sandwich, incluindo remates – 38.500€

Chapas de luz – 2.000€

Caleiro em inox AISI 316 – 6.000€

Fachada – 7.500€

Mudança do portão existente – 500€

Iluminação, excluindo deteção de incêndio – 3.000€

**$\Sigma = 129.700 \text{ €}$**

Ficamos ao seu inteiro dispor para qualquer esclarecimento que julgue necessário.

Melhores Cumprimentos,

MIGUEL MARTINS

Departamento de Orçamentação

  
Garcia, Garcia S.A.  
Engenharia e Construção

miguelmartins@garcia.pt | tlm +351 968 931 404  
Rua de Vila Moura, 101, 4815-301 - Guimarães, Portugal  
tlf +351 253 560 230 | [www.garcia.pt](http://www.garcia.pt)

This email and each attachment is confidential to the addressee. If you are not the intended recipient, you may not use or reproduce the message or the information contained in it. Please destroy it.



Before printing this email, please think about our environment.